



**Tânia Vanessa Santos Marques**

Licenciada em Engenharia Geológica

# **Avaliação do potencial de valorização de pedreiras para deposição de resíduos sólidos. Estudo da Zona Sul da Área Metropolitana de Lisboa.**

Dissertação para Obtenção do Grau de Mestre em

Engenharia Geológica

Orientador: Doutor Paulo do Carmo de Sá Caetano, Prof. Auxiliar,  
FCT-UNL

Júri

Presidente: Doutor Joaquim António dos Reis Silva Simão, Prof.  
Auxiliar, FCT-UNL

Arguentes: Doutora Maria da Graça Azevedo Brito, Prof. Auxiliar,  
FCT-UNL

Vogais: Doutor Paulo do Carmo de Sá Caetano, Prof. Auxiliar,  
FCT-UNL



FACULDADE DE  
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

[Verso da Capa]

**Avaliação do potencial de valorização de pedreiras para deposição de resíduos sólidos.  
Estudo da Zona Sul da Área Metropolitana de Lisboa.**

Copyright © Tânia Vanessa Santos Marques, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que



## Agradecimentos

Representando este trabalho a conclusão de uma etapa académica devo agradecer a todos aqueles que contribuíram para a realização deste, mas também todos os que se cruzaram no meu percurso, entre os quais particularizo o meu agradecimento de seguida.

Ao Doutor Paulo Sá Caetano pela orientação e disponibilidade ao longo de todo o processo de desenvolvimento deste trabalho e pela flexibilidade e apoio que sempre demonstrou quando foi necessário adaptar o que era pretendido face aos obstáculos encontrados no decorrer do mesmo.

Ao André Sanches e Ricardo Manuel pelo apoio e paciência no auxílio à utilização do programa e total disponibilidade para esclarecimento de dúvidas ou problemas.

Ao meu irmão, João, por toda a paciência e apoio mesmo quando o pouco tempo juntos era consumido por este trabalho e por ter sempre uma palavra de motivação e boa disposição essenciais à finalização desta etapa.

Aos meus pais, por todos os esforços para me possibilitar uma formação académica superior e essencialmente pela educação que me transmitiram ao longo de toda a minha vida permitindo-me construir o meu próprio caminho, mas partilhando cada passo.

À minha família, pelo exemplo e compreensão pelo pouco tempo disponível durante a realização da dissertação.

À Cláudia Raimundo, ao Miguel Serpa e ao Paulo Falcão pelo orgulho de partilhar todo o percurso académico superior e em especial por serem um apoio diário fundamental ao longo do tempo de desenvolvimento deste trabalho conseguindo trazer sempre algo de bom e um sorriso mesmo nos dias mais difíceis. Aos meus amigos pela força e pelo escasso tempo partilhado e a todos os colegas que permitiram uma vida académica repleta de boas memórias e saudável aprendizagem.



## Resumo

Uma das maiores problemáticas inerentes às áreas densamente habitadas está relacionada com o destino final a dar aos resíduos. Este problema resulta de uma elevada produção de resíduos urbanos e industriais, por parte das populações e indústrias existentes, juntamente com o diminuto espaço disponível no solo que condiciona a construção de aterros adequados.

A zona Sul da Área Metropolitana de Lisboa apresenta os dois fatores referidos, é uma das zonas com maior densidade populacional de Portugal e das que, a nível nacional, apresenta maior número de empresas de várias áreas económicas sediadas localmente. Entre estas, devido à ampla representatividade geográfica e temporal, podem destacar-se as indústrias extrativas.

A construção de um aterro de resíduos pressupõe uma forte fundamentação e habitualmente é acompanhada de oposição social. A possibilidade de se proceder à recuperação de uma pedreira encerrada através do funcionamento da infraestrutura referida pode ser vista como uma vantagem uma vez que contribui para devolver à paisagem a morfologia pretendida e garante uma monitorização do local a longo prazo, podendo assim alterar a opinião pública perante o projeto.

Este trabalho tem como objetivo obter uma lista hierarquizada de acordo com a adequabilidade das pedreiras para receber resíduos sólidos, de forma a auxiliar o processo de pesquisa caso se venha a verificar a necessidade de encontrar um local apto para este fim. Para tal foi desenvolvido um estudo através de três etapas, primeiramente procedeu-se ao levantamento das pedreiras existentes na zona Sul da Área Metropolitana de Lisboa. A segunda etapa, por sua vez, consistiu num estudo desenvolvido em duas fases, inicialmente foram aplicados critérios de exclusão a cada pedreira e aquelas que foram consideradas aptas foram então submetidas à aplicação de critérios de preferência, permitindo hierarquizar as mesmas de acordo com a aptidão para receber resíduos sólidos. Complementarmente, na etapa 3, foi ainda estimada a capacidade e tempo de funcionamento espectável das pedreiras consideradas aptas para receberem resíduos sólidos.

Foram inventariadas 38 pedreiras, 12 das quais transitaram para a segunda etapa do estudo tendo sido construídos três cenários de acordo com a importância dada aos parâmetros estudados. Todas as pedreiras que foram submetidas a esta fase foram consideradas aptas para receber um aterro de resíduos sólidos sem, no entanto, negligenciar a realização de todos os estudos necessários a nível de projeto.

**Palavras chave:** Resíduos Sólidos, Aterros, Recuperação de Pedreiras, Hierarquização de Pedreiras, Península de Setúbal.





## Abstract

One of the biggest problems associated with high populated areas is related with the final disposal of the large amount of produced waste. This problem is related with the lack of adequate available space to build new landfills associated with the high production of municipal and industrial wastes by the population and industries.

The southern part of the Lisbon Metropolitan area, the study case of this work, deals with the two problems described. It is one of the most highly populated areas in Portugal and locates the headquarters of many companies of various economic fields. Among these fields the rock extractive industry must be highlighted because it has a vast geographic distribution and a long history in the area.

The construction of landfills requires a strong substantiation and usually is surrounded by strong social opposition. The possibility to recover a quarry whose exploration is over as a landfill for solid waste can be advantageous because it can return the original morphology to the landscape and the guarantee of a long-term monitoring that can change the public opinion about the project.

The final purpose of this study is to obtain a hierarchical list of the quarries analyzed according to capability of each one to be used as a landfill for solid wastes. It should be easy to consult and can be used to assist the selection process if there is a need to build a landfill for solid wastes in the near future. To obtain this list a two-stage study was carried out. First, the existing quarries were surveyed in the southern area of the Lisbon Metropolitan Area. The second step consisted of a study developed in two phases, initially the exclusion criteria were applied to each quarry and those that were considered suitable were then submitted to the application of preference criteria, allowing hierarchization according to the aptitude to receive solid waste. In addition, in the third stage, the estimated capacity and operating time of the quarries considered fit to receive solid waste were also estimated.

From the 38 quarries initially listed, 12 were considered for the final suitability study. That study revealed the individual degree of aptitude of each quarry to receive a solid waste landfill according to the importance given to the characteristics studied. Each quarry submitted to the second phase was considered able to be used as suggested, however, after a preliminary selection process, more detailed studies must never be neglected.

**Key words:** Solid Wastes, Landfills, Rehabilitation of Quarries, Geographical Information Systems, Setubal's Peninsula.



## Índice Geral

<b>Agradecimentos .....</b>	<b>iii</b>
<b>Resumo .....</b>	<b>v</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>vii</b>
<b>Índice Geral .....</b>	<b>ix</b>
<b>Índice de Tabelas .....</b>	<b>xiii</b>
<b>Índice de Figuras .....</b>	<b>xv</b>
<b>Lista de siglas, abreviaturas e unidades .....</b>	<b>xvii</b>
<b>1 Introdução .....</b>	<b>1</b>
1.1 Produção de resíduos em Portugal .....	2
1.1.1 Resíduos urbanos .....	3
1.1.2 Resíduos setoriais .....	5
1.2 Sistemas de gestão de resíduos .....	6
1.3 Tipologia e geometria de aterros .....	8
1.4 Organização do trabalho .....	11
<b>2 Estado da Arte .....</b>	<b>13</b>
2.1 Aterros de resíduos .....	13
2.2 A utilização de SIG's na seleção de locais para instalação de aterros .....	14
<b>3 Metodologia geral do trabalho .....</b>	<b>17</b>
3.1 Fatores condicionantes para a localização de aterros de resíduos sólidos .....	19
3.1.1 Geologia local .....	19
3.1.2 Distâncias de exclusão .....	20
3.1.3 Área disponível .....	21
3.1.4 Características do terreno .....	22
3.1.5 Topografia .....	22
3.1.6 Condições climáticas .....	23
3.1.7 Hidrologia superficial e hidrogeologia .....	23
3.1.8 Zona envolvente .....	24

3.1.8.1	Acessos .....	24
3.1.8.2	Distância a áreas residenciais.....	24
3.1.8.3	Fauna e flora da região .....	25
<b>4</b>	<b>Caso de estudo.....</b>	<b>26</b>
4.1	Enquadramento geográfico e de produção de resíduos .....	26
4.2	Escolha da área de estudo.....	29
4.3	Enquadramento geológico e hidrogeológico .....	29
4.4	Aplicação da metodologia .....	32
4.4.1	Etapa 1 – Seleção de locais potenciais (pedreiras) para instalação de aterros .	32
4.4.2	Etapa 2 – Estudo da adequabilidade de cada pedreira à receção de resíduos sólidos	34
	Primeira fase do estudo - Aplicação dos critérios de exclusão.....	34
	Descrição das pedreiras que não apresentam qualquer critério de exclusão .....	38
	Segunda fase do estudo – Aplicação de indicadores de preferência .....	45
4.4.3	Etapa 3 – Estimativa do tempo de funcionamento de um aterro de RSU em cada pedreira	55
4.5	Adequabilidade de cada pedreira para a receção de resíduos sólidos .....	59
4.5.1	Estudo da adequabilidade com $P_i$ constante – cenário neutro .....	59
4.5.2	Estudo da adequabilidade com $P_{\text{Geologia}}$ sobrevalorizado.....	61
4.5.3	Estudo da adequabilidade com $P_{\text{Geologia}}$ subvalorizado .....	64
4.6	Hierarquia final das pedreiras em estudo para a receção de resíduos sólidos .....	66
<b>5</b>	<b>Conclusões .....</b>	<b>71</b>
<b>6</b>	<b>Referências .....</b>	<b>75</b>
<b>Anexos.....</b>		<b>79</b>
	Anexo I – Lista de Resíduos Perigosos.....	80
	Anexo II – Requisitos de proteção para diversos tipos de aterro .....	82
	Anexo III – Tonelagem de resíduos por cada operação de gestão no ano de 2012 .....	83
	Anexo IV – Características das pedreiras da região em estudo .....	84
	Anexo V – Legenda da carta geológica de Portugal, folha Sul AML.....	88

Anexo VI – Aplicação dos critérios de exclusão.....	90
Anexo VII – Porosidade e coeficiente de permeabilidade de vários tipos de rocha e solos ....	91



## Índice de Tabelas

Tabela 3.1 – Condições de permeabilidade e espessura da camada mineral de base e taludes de confinamento do aterro.....	20
Tabela 3.2 – Perímetros de segurança a considerar na construção de um aterro de resíduos sólidos urbanos.....	21
Tabela 4.1 – Área e população residente nos concelhos da zona Sul da AML e respetiva tonelagem de RU recolhidos e com destino final aterro no ano de 2016 .....	27
Tabela 4.2 – Número de empresas sediadas na península de Setúbal por setor de atividade em 2016 e estimativa da percentagem de resíduos resultante da sua atividade depositados em aterro em 2012. ....	28
Tabela 4.3 – Distâncias de exclusão para construção de aterros de resíduos sólidos de acordo com determinadas estruturas ou características existentes. ....	35
Tabela 4.4 – Pedreiras que se encontram aptas para a segunda fase do estudo de adequabilidade e principais características.....	38
Tabela 4.5 – Parâmetros, e respetiva categoria, avaliados para cada pedreira. ....	46
Tabela 4.6 – Relação entre a profundidade piezométrica subjacentemente a cada pedreira e respetiva adequabilidade para a receção de resíduos.....	47
Tabela 4.7 – Relação entre a qualidade da água do aquífero subjacentemente a cada pedreira e respetiva adequabilidade para a receção de resíduos.....	48
Tabela 4.8 – Distâncias de cada pedreira a habitações, indústrias e aglomerados populacionais e respetiva classificação da adequabilidade para a receção de resíduos. ....	49
Tabela 4.9 – Distâncias de cada pedreira a autoestradas, estradas nacionais e estradas municipais e respetiva adequabilidade para a receção de resíduos. ....	50
Tabela 4.10 – Classificação litológica e geotécnica dos terrenos (rochas e solos) existentes no local onde foi implementada cada pedreira.....	51
Tabela 4.11 – Classificação dos grupos litológicos em função da adequabilidade para a receção de resíduos. ....	52
Tabela 4.12 – Classificação em função do coeficiente de permeabilidade (k) do maciço rochoso e respetiva adequabilidade para a receção de resíduos.....	52
Tabela 4.13 – Classificação da textura do solo e respetiva adequabilidade para a utilização como solo de cobertura diária dos resíduos depositados no aterro. ....	54
Tabela 4.14 – Classificação do tipo de solo e respetiva adequabilidade para a utilização como solo de cobertura diária dos resíduos depositados no aterro. ....	54

Tabela 4.15 – Volume anual necessário para armazenar os RSU produzidos em 2016 cujo destino final foi aterro em cada concelho da Península de Setúbal. ....	56
Tabela 4.16 – Estimativa do tempo de operação de um aterro de resíduos em cada pedreira.	58
Tabela 4.17 – Valor da ponderação (P) de cada parâmetro em análise num cenário neutro. ....	59
Tabela 4.18 – Grau de adequabilidade de cada pedreira considerando um peso (P) constante. ....	60
Tabela 4.19 – Valor da ponderação (P) de cada parâmetro em análise sobrevalorizando as categorias geologia e hidrogeologia. ....	61
Tabela 4.20 – Grau de adequabilidade de cada pedreira considerando $P_{\text{Geologia}}$ sobrevalorizado. ....	63
Tabela 4.21 – Valor da ponderação (P) de cada parâmetro em estudo subvalorizando as categorias geologia e hidrogeologia. ....	64
Tabela 4.22 – Grau de adequabilidade de cada pedreira considerando $P_{\text{Geologia}}$ subvalorizado. ....	65
Tabela 4.23 – Hierarquização das pedreiras em análise de acordo com o grau de adequabilidade para a receção de resíduos sólidos nos três cenários. ....	66
Tabela 4.24 – Tabela síntese da hierarquia de pedreiras de acordo com a valorização dos parâmetros geológicos. ....	68



## Índice de Figuras

Figura 1.1 – Quantidade de resíduos da Lista Laranja, e respetiva operação de gestão, que deram entrada em Portugal entre 2011 e 2016. ....	3
Figura 1.2 – Produção de RU e respetiva capitação diária em Portugal entre 2010 e 2017. ....	4
Figura 1.3 – Percentagem relativa a cada operação de gestão de RU em Portugal entre 2011 e 2016.....	4
Figura 1.4 – Distribuição da produção de RS pelos diversos setores de atividade em Portugal entre 2012 e 2016.....	5
Figura 1.5 – Esquema em planta e em corte de um aterro em extensão.....	8
Figura 1.6 – Esquema em planta e em corte de um aterro confinado em trincheira.....	9
Figura 1.7 - Esquema em planta e em corte de um aterro confinado em depressão existente. ..	9
Figura 1.8 – Classificação de pedreiras relativamente à morfologia de desmonte adotada .....	10
Figura 2.1 – Reconversão de um antigo areeiro num aterro de resíduos sólidos urbanos no Seixal (Portugal). ....	15
Figura 3.1 - Esquema geral da metodologia adotada no trabalho.....	18
Figura 4.1 – Enquadramento geográfico do distrito de Setúbal e em pormenor a área em estudo .....	26
Figura 4.2 – Unidades morfo-estruturais da península Ibérica. Assinala-se, na Península de Setúbal, a Bacia Cenozóica do Tejo (a cinzento claro) e a unidade mesozóica da Bacia Lusitaniana (a cinzento escuro).....	30
Figura 4.3 - Enquadramento geológico da Península de Setúbal. Excerto da carta geológica de Portugal na escala 1:100 000, folha Sul da AML (Costa <i>et al.</i> , 2005) cuja legenda pode ser consultada no Anexo V.....	31
Figura 4.4 – Localização geográfica das pedreiras identificadas e respetivo tipo litológico explorado. ....	33
Figura 4.5 – Exemplo de um núcleo de exploração, Brejos da Palmeira, antes das pedreiras serem delineadas individualmente (à esquerda) e depois de serem identificadas através de um polígono (à direita).....	34
Figura 4.6 - Falhas ativas documentadas na região: (1) Falha do Vale Inferior do Tejo, <i>pro parte</i> , e (2) Falha do Pinhal Novo. ....	36
Figura 4.7 – Furos de captação de água destinada a abastecimento público dos aquíferos da zona T3 – Bacia do Tejo Sado/Margem Esquerda, com a zona em estudo evidenciada. ....	37

Figura 4.8 – Localização geográfica das pedreiras submetidas à segunda etapa do estudo. ...	39
Figura 4.9 - Pedreira 10 (Sargal n.º 1), localização (à esquerda) e grupos geológicos identificados no local (à direita). ....	39
Figura 4.10 – Pedreira 18 (Antigo Areeiro J. Caetano), localização (à esquerda) e grupos geológicos identificados no local (à direita). ....	40
Figura 4.11 - Pedreira 20 (Quinta da Aniza), localização (à esquerda) e grupos geológicos identificados no local (à direita) .....	40
Figura 4.12 - Pedreira 21 (Vale de Milhaços), localização (à esquerda) e grupos geológicos identificados no local (à direita). ....	41
Figura 4.13 - Pedreira 22 (Santa Marta de Corroios), localização (à esquerda) e grupos geológicos identificados no local (à direita). ....	41
Figura 4.14 - Pedreira 23 (Pinhal do Catelas), localização (à esquerda) e grupos geológicos identificados no local (à direita). ....	42
Figura 4.15 - Pedreira 30 (Pinhal Conde da Cunha 3), localização (à esquerda) e grupos geológicos identificados no local (à direita). ....	42
Figura 4.16 - Pedreira 31 (Pinhal Conde da Cunha 4), localização (à esquerda) e grupos geológicos identificados no local (à direita). ....	43
Figura 4.17 - Pedreira 33 (Brejos da Palmeira 3), localização (à esquerda) e grupos geológicos identificados no local (à direita). ....	43
Figura 4.18 - Pedreira 35 (Herdade da Biscaia n.º 1), localização (à esquerda) e grupos geológicos identificados no local (à direita). ....	44
Figura 4.19 - Pedreira 36 (Herdade da Biscaia n.º 2), localização (à esquerda) e grupos geológicos identificados no local (à direita). ....	44
Figura 4.20 - Pedreira 38 (Casalão), localização (à esquerda) e grupos geológicos identificados no local (à direita) .....	45
Figura 4.21 - Profundidade média do nível de água no ano hidrológico 2017/2018 .....	47
Figura 4.22 – Localização geográfica das pedreiras evidenciando a ordem hierárquica das mesmas tendo em conta $P_{\text{geologia}}$ sobrevalorizado. ....	67
Figura 4.23 – Localização geográfica das pedreiras submetidas à etapa 3 do estudo e respetivo tempo de funcionamento estimado. ....	68
Figura 5.1 – Localização geográfica das pedreiras submetidas à segunda etapa do estudo e aterros de RSU em funcionamento na península de Setúbal. ....	74

## **Lista de siglas, abreviaturas e unidades**

### **Siglas**

DL – Decreto-Lei

RU – Resíduo Urbano

RS – Resíduo Setorial

RSU – Resíduo Sólido Urbano

RCD – Resíduo de Construção e Demolição

SIG – Sistemas de Informação Geográfica

INE – Instituto Nacional de Estatística

UE – União Europeia

BPEO – *Best Practicable Enviromental Option*

AML – Área Metropolitana de Lisboa

ICNF – Instituto da Conservação da Natureza e Florestas

SNIRH – Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos

PNF – Profundidade do nível freático

### **Abreviaturas**

QA – Qualidade da água no aquífero

Pop – Povoação

CI – Casa isolada

Ind – Indústria

SC – Sede de concelho

SD – Sede de distrito

Ae - Autoestradas

EN – Estradas nacionais

EM – Estradas municipais

CP – Coeficiente de permeabilidade

GL – Grupo litológico

GES – Grau de escavabilidade do solo

TS – Textura do solo

### **Unidades**

Ma – Milhões de anos

km – Quilómetro

m – Metro

cm – Centímetro

mm – Milímetro

ha – Hectare

t – Tonelada

kg – Quilograma

mg – Miligrama

l – Litro

s – Segundo

## 1 Introdução

Desde os primórdios da sociedade que o ser humano utilizou os recursos naturais para promover o seu desenvolvimento originando, durante esse processo, a produção de resíduos. O conceito de resíduos foi sofrendo alterações ao longo do tempo definindo-se atualmente, de acordo com o Decreto-Lei (DL) n.º 73/2011, como “qualquer substância ou objeto que o detentor se desfaz ou tem a intenção ou a obrigação de se desfazer”.

Os resíduos podem ser divididos em duas principais categorias, os resíduos urbanos e os resíduos setoriais. Entende-se por resíduo urbano o resíduo proveniente de habitações ou que pela sua natureza ou composição seja semelhante a este (Decreto-Lei n.º 73/2011 de 17 de Junho, 2011). Resíduo setorial é o “resíduo gerado em processos produtivos industriais, bem como o que resulte das atividades de produção e distribuição de eletricidade, gás e água” (Decreto-Lei n.º 73/2011 de 17 de Junho, 2011).

Para além desta distinção os resíduos podem ser divididos, de acordo com a sua perigosidade, em resíduos perigosos ou não perigosos. Resíduos perigosos são aqueles que apresentam uma ou mais das características de perigosidade referidas no DL n.º 73/2011 (presentes na tabela do Anexo I), caso contrário os resíduos são considerados não perigosos.

Todas as atividades humanas geram, de forma direta ou indireta, resíduos para os quais é necessário encontrar uma solução final. Uma das principais preocupações na gestão de resíduos encontra-se associada a grandes áreas urbanas e/ou a centros industriais, tanto pela elevada quantidade de resíduos produzidos como pelo reduzido espaço disponível no solo para os que têm como destino final a deposição em aterro.

Este trabalho procura dar um contributo para a solução deste problema ao estudar a aptidão de pedreiras da Península de Setúbal, zona de elevada densidade populacional e com importantes centros industriais, para receber resíduos sólidos. Desta forma pretende-se apresentar uma solução preliminar de fácil consulta permitindo dar uma rápida resposta ao problema do crescimento da produção de resíduos nesta área. Devido às características geológicas de determinadas zonas, ao longo do tempo tem existido uma forte exploração de rocha industrial e ornamental nas mesmas que, caso não exista uma cuidada e planeada recuperação ambiental quando a exploração encerra, se traduz num elevado conjunto de impactes ambientais, nomeadamente paisagísticos. A proposta de utilização de pedreiras para a deposição e armazenamento de resíduos permite assim, por um lado, solucionar o pouco espaço disponível para a construção de um aterro numa zona fortemente urbanizada e por outro, reduzir o impacto visual deixado na paisagem pela exploração uma vez que no final de tempo de vida do aterro a área pode ser aproveitada para outros fins.

A escolha do local para implementar um aterro de resíduos sólidos é um processo complexo e de extrema dificuldade uma vez que depende de um conjunto de fatores naturais e antrópicos e

de legislação em vigor que necessitam de ser coordenados entre si. De acordo com a legislação portuguesa a instalação de um aterro apenas é autorizada se o local, obedecendo aos critérios abaixo apresentados em conjunto com as medidas corretivas a implementar, não acarretar qualquer risco grave para o ambiente e para a saúde pública. A localização de um aterro deve, por isso, ter em consideração (Decreto-Lei n.º 183/2009 de 10 de Agosto, 2009):

- A distância do perímetro relativamente às áreas residenciais e recreativas, cursos e massas de água e outras zonas agrícolas e urbanas;
- A existência de águas subterrâneas ou costeiras na zona, bem como a existência de áreas protegidas;
- As condições geológicas e hidrogeológicas locais e na zona envolvente;
- Os riscos de cheias, aluimento, desabamento de terra ou avalanches na zona;
- A proteção do património natural e cultural da zona.

### **1.1 Produção de resíduos em Portugal**

No estudo de um local para futura deposição de resíduos deve ter-se presente o enquadramento legislativo dos condicionalismos existentes ao nível da política nacional e comunitária e os conceitos que lhes estão subjacentes e que enquadram a estratégia nacional de resíduos (Cabeças & Levy, 2006).

De acordo com o Plano Nacional de Gestão de Resíduos pode definir-se Gestão de Resíduos como as diversas ações que compreendem a recolha, transporte, valorização e eliminação de resíduos bem como a supervisão das mesmas operações, manutenção dos locais de eliminação no pós encerramento e as medidas adotadas na qualidade de comerciante ou corretor (Resolução do Conselho de Ministros n.º 11-C, 2015).

Paralelamente ao fluxo interno de resíduos, através das ações enumeradas, realiza-se ainda um movimento transfronteiriço, tanto de entrada como de saída de resíduos do país. As transferências de resíduos estão reguladas através de duas componentes: a Lista Verde (movimento de resíduos não perigosos destinados a operações de valorização) e a Lista Laranja. As transferências de resíduos da denominada Lista Laranja correspondem ao movimento, sujeito a um procedimento de notificação e consentimento escrito, de resíduos que se destinem a operações de valorização ou eliminação (Agência Portuguesa do Ambiente, 2017). No ano de 2016 foi registada a saída de 52 661 toneladas e a entrada de 222 087 toneladas de resíduos englobados nesta lista, dos últimos 89 991 toneladas seguiram para aterro (Figura 1.1). Relativamente a esta operação verificou-se um aumento de 78 000 toneladas entre o ano 2015 e 2016 que se deve principalmente a entradas de resíduos sólidos da descontaminação de solos contendo substâncias perigosas (Agência Portuguesa do Ambiente, 2017).

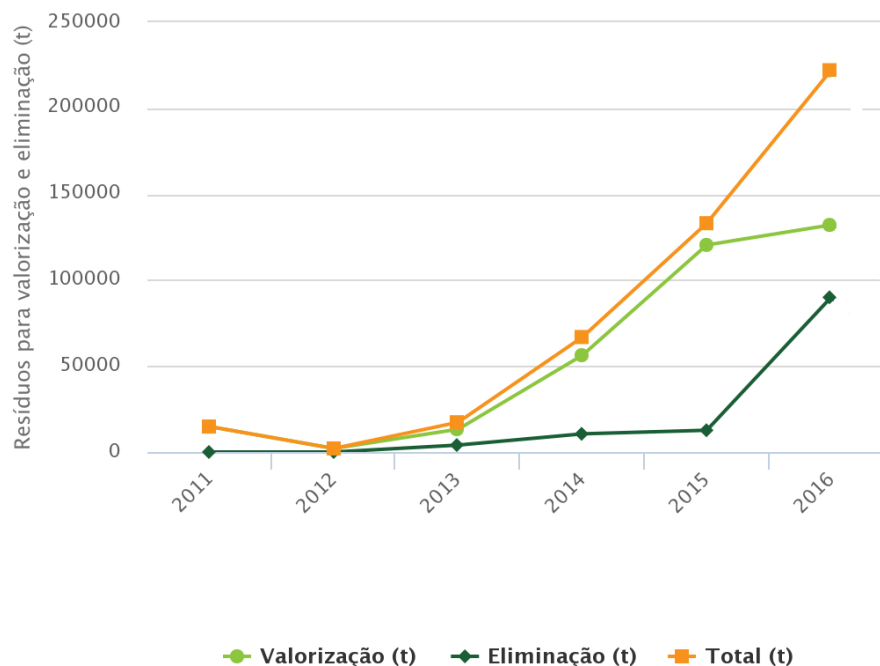


Figura 1.1 – Quantidade de resíduos da Lista Laranja, e respetiva operação de gestão, que deram entrada em Portugal entre 2011 e 2016 (adaptado de Agência Portuguesa do Ambiente, 2017).

#### 1.1.1 Resíduos urbanos

Ao longo dos últimos anos verificou-se variações significativas nos dados relativos à quantidade de resíduos urbanos recolhidos em Portugal. No período compreendido entre 2010 e 2013 existiu um decréscimo na produção de resíduos urbanos no país, partindo de um máximo de aproximadamente 5,1 milhões de toneladas e atingindo um mínimo de aproximadamente 4,3 milhões de toneladas (Agência Portuguesa do Ambiente, 2018). O decréscimo referido terá estado relacionado com a situação macroeconómica do país que levou à redução do nível de consumo e, consequentemente, à produção de resíduos e também com o decréscimo da população residente que se vem a verificar desde 2010 (Instituto Nacional de Estatística, 2016). Após este período verificou-se uma inversão nesta tendência tendo sido registado um aumento da produção de resíduos urbanos até 2017 (Figura 1.2) onde terão sido registados 4,7 milhões de toneladas (dados provisórios) (Agência Portuguesa do Ambiente, 2018).

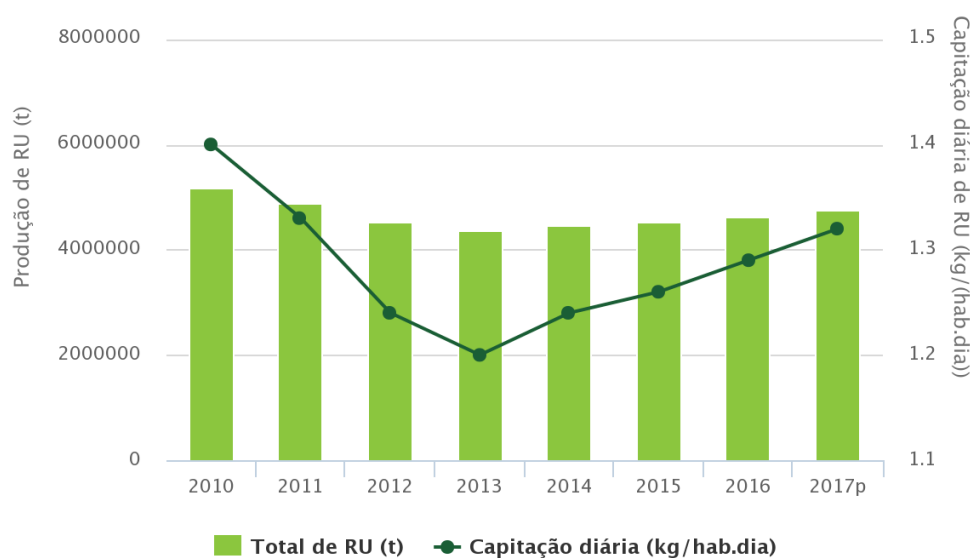


Figura 1.2 – Produção de RU e respetiva captação diária em Portugal entre 2010 e 2017.  
Fonte: Agência Portuguesa do Ambiente (2018).

Em Portugal existem seis tipos de operação de gestão de resíduos urbanos (Figura 1.3) sendo o aterro o destino mais registado. Apesar de se verificar um decréscimo da percentagem deste tipo de resíduos depositados em aterro entre 2010 (60%) e 2016 (29%), dados provisórios apontam para um aumento deste valor em 2017 (32%). Tendo em conta os dados oficiais de produção de RU calcula-se que tenham sido depositadas aproximadamente 1 345 655 toneladas destes resíduos em aterro em 2016 (Agência Portuguesa do Ambiente, 2018).

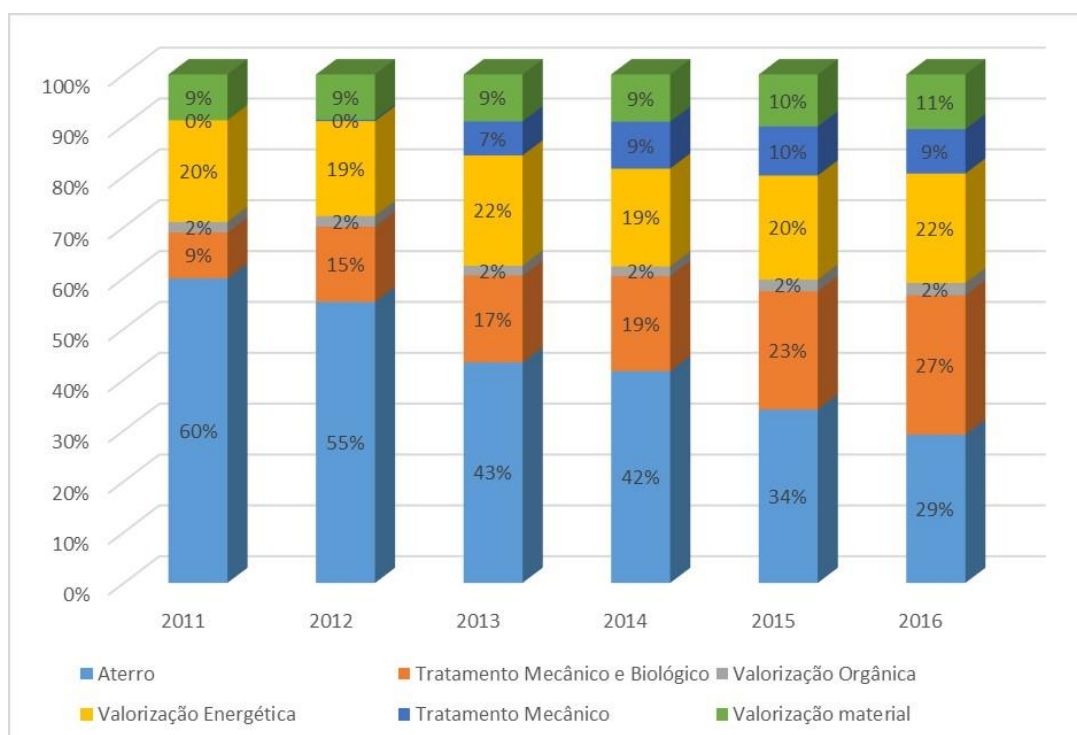


Figura 1.3 – Percentagem relativa a cada operação de gestão de RU em Portugal entre 2011 e 2016. Fonte: Agência Portuguesa do Ambiente, sem data.

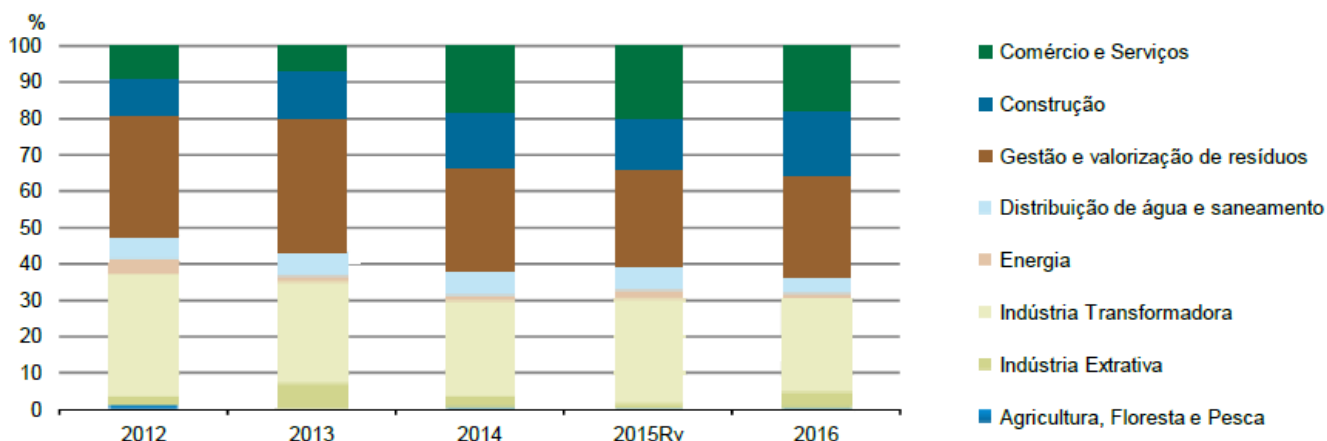


### 1.1.2 Resíduos setoriais

Como foi referido anteriormente consideram-se resíduos setoriais aqueles que são produzidos no exercício de atividades económicas com processos produtivos, estando por isso dependentes da atividade e produção industrial do país.

Em 2016 foi gerado, pelas diversas atividades económicas em Portugal, aproximadamente 9,9 milhões de toneladas de resíduos setoriais correspondendo a um acréscimo de 14,8% face ao apurado no ano anterior (Instituto Nacional de Estatística, 2017).

Segundo dados do INE (2017), em 2016, os setores que apresentaram uma maior produção de resíduos foram os setores ligados à Gestão e Valorização de Resíduos (2,8 milhões de toneladas) e os setores da Indústria Transformadora (2,6 milhões de toneladas). Nesta última, destacam-se as Metalúrgicas de Base (produção de 489,8 mil toneladas de resíduos), Indústrias de Minerais não metálicos (produção de 431,2 mil toneladas de resíduos) e as Indústrias de Pasta, Papel e Cartão (produção de 392,4 mil toneladas de resíduos), como as principais indústrias produtoras de resíduos, representando 51,5% do total de resíduos gerados no conjunto das indústrias transformadoras. A distribuição de resíduos pelas principais atividades económicas ao longo dos últimos anos está representada na Figura 1.4.



Fonte: APA, I. P.; INE, I. P.; SREA; DRA, R. A. dos Açores.

Figura 1.4 – Distribuição da produção de RS pelos diversos setores de atividade em Portugal entre 2012 e 2016. Fonte: Instituto Nacional de Estatística (2017).

Relativamente à operação de gestão, no ano de 2016, 84% dos resíduos setoriais foram submetidos a valorização perfazendo aproximadamente 1,6 milhões de toneladas que seguiram diretamente para aterro (Instituto Nacional de Estatística, 2017). É, no entanto, importante destacar que, tal como já foi referido, o setor com maior produção de resíduos é o referente às operações de Gestão e Valorização de resíduos podendo por isso concluir-se que o valor de resíduos que tem como destino final o aterro pode ser superior ao referido. Para consulta mais detalhada a tonelagem de resíduos relativos a cada operação de gestão no ano 2012 (dados mais recentes à data do trabalho) está disponível no Anexo III deste documento.

No ano de 2016, cerca de 8,4% dos resíduos setoriais gerados foram classificados como perigosos perfazendo aproximadamente 838 mil toneladas. Relativamente aos resíduos não perigosos verificou-se uma produção de cerca de 9,1 milhões de toneladas destacando-se como principais produtoras a indústria de Gestão e Valorização de Resíduos e a Indústria Transformadora com um total acumulado de 52,4% do total deste tipo de resíduos (Instituto Nacional de Estatística, 2017).

Em 2014, Portugal encontrava-se na segunda posição dos países da União Europeia (UE) que menos resíduos geraram por habitante, com 947 kg de resíduos setoriais por habitante. Este ranking é liderado pela Croácia com 604 Kg de resíduos gerados por habitante enquanto que a média dos 28 estados-membros da UE é de 4,7 toneladas. Na lista dos países com as mais baixas proporções de resíduos que são remetidos para operações de eliminação, Portugal ocupa a 14ª posição com 41,8% dos resíduos produzidos em 2014 a seguirem este fim (Instituto Nacional de Estatística, 2017).

## **1.2 Sistemas de gestão de resíduos**

Um aterro pode ser definido como uma instalação de eliminação de resíduos através da sua deposição acima ou abaixo da superfície natural. Esta definição inclui as instalações de eliminação internas (como os aterros onde o produtor de resíduos efetua a sua própria eliminação de resíduos no local de produção) e as instalações permanentes (aquelas que tiverem uma vida útil superior a um ano, usadas para armazenagem temporária) (Decreto-Lei n.º 183/2009 de 10 de Agosto, 2009).

A deposição de resíduos em aterro deve ser o último destino considerado e apenas deverá ser executada esta alternativa caso o resíduo em causa não permita cumprir as restantes operações descritas na hierarquia de prevenção e gestão de resíduos presente no Decreto-Lei n.º 73/2011 de 17 de junho, que se passa a citar:

1. Prevenção e redução
2. Preparação para a reutilização
3. Reciclagem
4. Outros tipos de valorização
5. Eliminação

O primeiro ponto deve ser alcançado através da redução de resíduos produzidos nos processos industriais, para tal devem ser desenvolvidas tecnologias mais limpas e métodos que produzam menos resíduos no processo de fabricação de determinado produto ou melhorar a tecnologia e os métodos já existentes. Também é possível alcançar esta meta desenvolvendo e fabricando produtos de maior duração ou que, no final da sua vida útil, representem um menor resíduo. Os processos de fabrico já referidos devem evitar a produção de resíduos perigosos, caso não seja possível na totalidade deve ser reduzir-se ao máximo a toxicidade dos mesmos (Williams, 2005).

O Decreto-Lei nº 73/2011 de 17 de junho considera como preparação para a reutilização “as operações de valorização que consistem no controlo, limpeza ou reparação, mediante as quais os produtos ou os componentes de produtos que assumam a natureza de resíduos são preparados para serem utilizados novamente, sem qualquer tipo de pré-processamento”. A reutilização abrange assim a recolha, limpeza e reutilização de materiais para o mesmo uso para o qual inicialmente foram fabricados ou para outro fim desde que não seja necessário qualquer tipo de pré-processamento.

Segundo o mesmo documento, reciclagem é qualquer operação de valorização através da qual os materiais constituintes dos resíduos são novamente transformados em produtos. Apesar desta operação incluir o reprocessamento de materiais orgânicos exclui a valorização energética de resíduos e o reprocessamento em materiais que devam ser utilizados como combustível ou em operações de enchimento. O recurso ao processo de reciclagem deve ter em conta o potencial de valorização de cada tipo de material, a quantidade de energia que é necessária despende durante a operação e a potencial emissão de poluentes durante a mesma. Outra condicionante a ter em conta é a existência de um mercado para o novo produto, caso contrário resulta um material excedente, aliado ao gasto energético aquando da sua valorização (Williams, 2005).

Outros tipos de valorização incluem, por exemplo, a reciclagem ou recuperação de metais e compostos metálicos, o tratamento de solo para benefício agrícola ou melhoramento ambiental e a troca de resíduos com vista a serem submetidos a outra operação de valorização (Decreto-Lei n.º 73/2011 de 17 de Junho, 2011).

Por fim, eliminação é definida como qualquer operação que não seja de valorização, mesmo que como consequência secundária resulte a recuperação de substâncias ou energia. Na eliminação estão incluídos os aterros, a inceneração de resíduos e outros processos de menor importância como a pirólise, a gasificação e a digestão anaeróbica.

Apesar das políticas de gestão de resíduos se basearem na recuperação, reutilização e minimização pode não ser possível cumprir completamente estes objetivos para todos os tipos de resíduos. A decisão deve sempre basear-se no conceito de *Best Practicable Enviromental Option* (BPEO) que estabelece que, para um determinado conjunto de objetivos, deve ser escolhida a opção que oferecer mais benefícios, ou menores danos, para o ambiente como um todo, a um custo aceitável, tanto para um curto tempo como a longo prazo. Deve, por isso, analisar-se os possíveis impactes ambientais no solo, água e ar e discutir o conjunto de vantagens e desvantagens de cada opção de eliminação de determinado resíduo antes de se proceder à escolha final (Williams, 2005). Por exemplo, para determinados resíduos pode ser preferível recorrer ao seu aterro ou inceneração uma vez que os custos ambientais e económicos da sua triagem e valorização de forma a produzir um novo produto superam largamente os benefícios finais para o ambiente e economicamente.

### 1.3 Tipologia e geometria de aterros

Os diversos tipos de aterro são classificados de acordo com as suas características. Relativamente à perigosidade dos resíduos depositados, existem três tipos de aterros: aterros de resíduos perigosos, aterros de resíduos não perigosos e aterros de resíduos inertes. Em cada tipo de aterro apenas podem ser colocados os resíduos para o qual o aterro foi especificado; assim, aterros de resíduos perigosos apenas podem comportar resíduos perigosos, em aterros de resíduos não perigosos podem ser depositados resíduos sólidos urbanos e outros resíduos não perigosos e aterros de resíduos inertes apenas podem incluir resíduos inertes. Os aterros de resíduos perigosos apresentam elevadas especificações relativamente aos sistemas de revestimento e barreiras de contenção para coletar os lixiviados e gases produzidos de forma a permitir o seu tratamento. Os requisitos mínimos a que os aterros devem obedecer de acordo com a perigosidade do resíduo depositado estão descritas no Anexo III. Apesar destes cuidados, existem ainda alguns tipos de resíduos aos quais não é permitida a deposição em aterro como, por exemplo, resíduos líquidos, resíduos inflamáveis, resíduos explosivos e oxidantes, resíduos hospitalares e clínicos, e pneus usados inteiros (excluindo os pneus utilizados como materiais de fabrico) ou fragmentados (excluindo os pneus de bicicleta e os pneus de diâmetro exterior superior a 1400 mm) (Williams, 2005; Cabeças & Levy, 2006).

O método de construção de um aterro é influenciado diretamente pelas características orográficas do local, assim, os aterros podem ser classificados em aterros em extensão, aterros confinados em trincheira ou aterros confinados em depressão existente (Cabeças & Levy, 2006).

Nos aterros em extensão, os resíduos sólidos são depositados sobre a superfície natural do terreno através da formação de camadas de espessura relativamente pequena ocupando, no entanto, uma extensa área em planta (Figura 1.5). Uma vez que não é necessário recorrer a uma grande escavação prévia este tipo de aterros é aplicado em áreas de topografia plana, baixas aluvionares ou terrenos cujo nível freático esteja muito próximo da superfície.

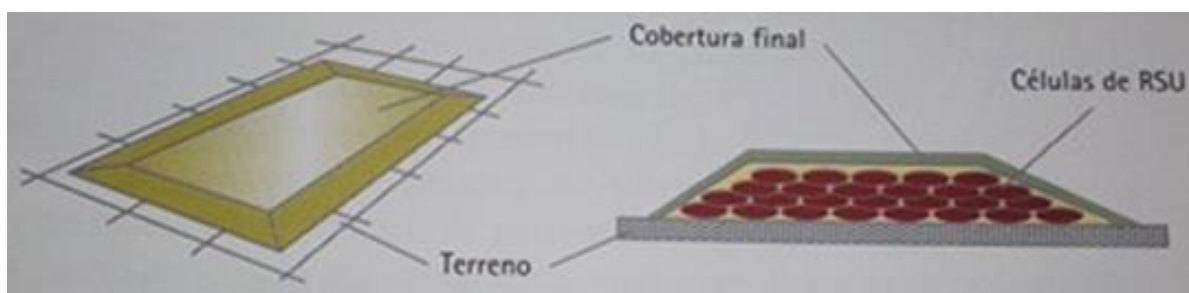


Figura 1.5 – Esquema em planta e em corte de um aterro em extensão (adaptado de Cabeças & Levy, 2006).

Os aterros confinados em trincheira recorrem à escavação, o que permite aumentar o volume útil do aterro (Figura 1.6). Aplica-se por isso a áreas onde a quantidade necessária de material de cobertura se encontra disponível no local e onde o nível freático se encontra a uma

distância adequada da superfície. Neste método os resíduos são colocados em células ou trincheiras escavadas no solo e o material resultante da escavação é utilizado para realizar a cobertura diária do material colocado (Tchbanoglous *et al.*, 1993).

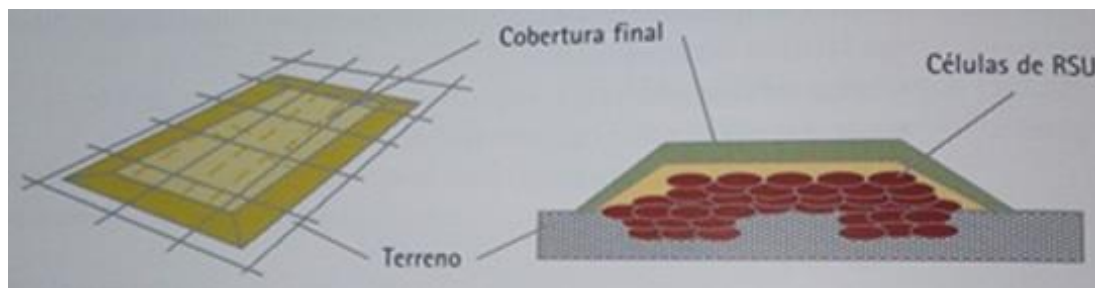


Figura 1.6 – Esquema em planta e em corte de um aterro confinado em trincheira (adaptado de Cabeças & Levy, 2006).

Os aterros confinados em depressão existente (Figura 1.7) consistem no aproveitamento de depressões naturais, antigas pedreiras, barreiros, areeiros, ou explorações mineiras, entre outros exemplos. As técnicas de colocação de resíduos utilizando este método variam de acordo com a geometria do local, as características do material disponível para cobertura, a geologia e hidrogeologia do local, tipo de instalações de controlo de lixiviados e gás a implantar e os acessos existentes e a implantar (Tchbanoglous *et al.*, 1993).

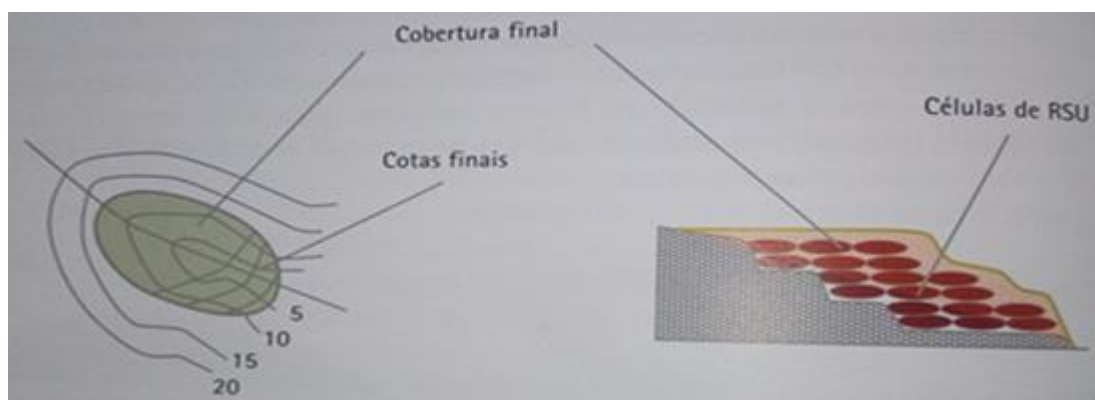


Figura 1.7 - Esquema em planta e em corte de um aterro confinado em depressão existente (adaptado de Cabeças & Levy, 2006).

Tal como se pode observar na Figura 1.7, de um modo geral, neste método, a depressão é preenchida através de sucessivas camadas necessitando inicialmente da colocação de um geossintético e de um sistema de controlo de lixiviados. É essencial avaliar a disponibilidade de material para formar a camada de cobertura diária e a camada final que pode ser escavado diretamente das paredes do local durante as operações de preparação do aterro, no entanto, como o objeto de estudo deste trabalho é a utilização de pedreiras para receção de resíduos, provavelmente será necessário importar este tipo de material de um local de empréstimo, preferencialmente não muito distante do aterro.

Contextualizando com o estudo aqui realizado, é de esperar que o tipo de aterro que possa vir a ser instalado em determinada pedreira seja muito determinado pelo tipo de exploração existente, uma vez que a base deste, independentemente das melhorias que possam vir a ser implementadas, irá assentar sobre as características geológicas do maciço explorado. No entanto, como referido, também é importante considerar a geometria do local de forma a estudar as técnicas de colocação de resíduos no aterro. Relativamente à morfologia de desmonte existem diversos tipos de pedreiras (Figura 1.8) em Portugal a grande maioria das pedreiras de exploração de rochas industriais e ornamentais ocorre à superfície, em flanco de encosta ou em poço.

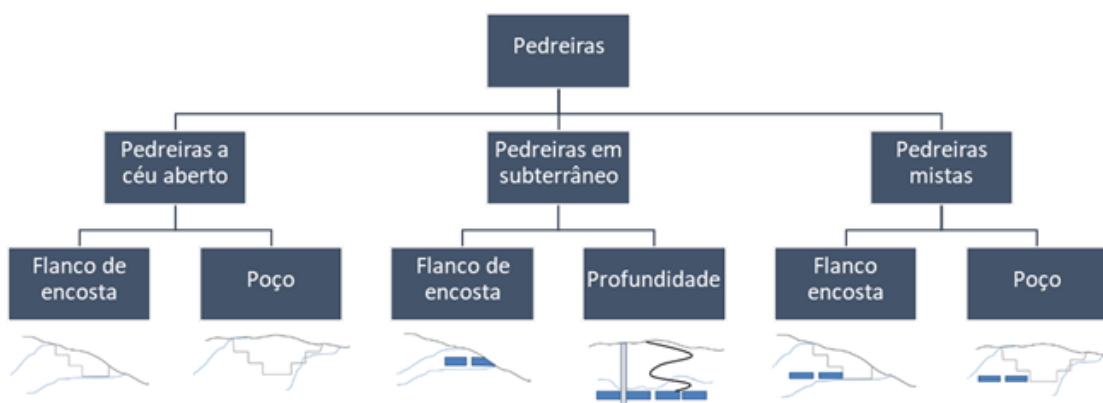


Figura 1.8 – Classificação de pedreiras relativamente à morfologia de desmonte adotada (adaptado de Almeida, 2016)

Para o caso em estudo apenas foram consideradas pedreiras com exploração à superfície, o que implica que, para que se proceda à exploração da rocha, seja necessário realizar uma escavação no maciço alterando a topografia original o que representa no final da exploração uma cicatriz na paisagem. Tendo em conta que as pedreiras em poço desenvolvem essa escavação em degraus partindo da superfície, morfologicamente podem representar uma opção viável para a construção de um aterro eliminando a necessidade de recorrer à escavação de uma nova área que origina, necessariamente, uma nova alteração na paisagem e um problema com o destino a dar ao excedente de material decorrente desta operação.

## 1.4 Organização do trabalho

Este trabalho encontra-se organizado em seis capítulos que, por sua vez, estão divididos em diversos subcapítulos, de acordo com os temas abordados.

No capítulo 1 é feita uma introdução, essencialmente teórica, acerca da deposição de resíduos em aterro, principais conceitos e enquadramento legal em Portugal e são também analisados dados referentes à produção de resíduos urbanos e setoriais em Portugal.

No capítulo 2 é apresentado o estado da arte descrevendo os principais trabalhos publicados acerca do estudo e utilização de pedreiras como depósito de resíduos e utilização de modelos SIG no estudo de locais que potencialmente podem ser utilizados para a instalação de aterros de resíduos em Portugal e no mundo.

No capítulo 3 está apresentada a metodologia utilizada no desenvolvimento do estudo e são descritos os principais fatores que devem ser considerados no estudo de locais para instalação de aterros de resíduos tendo especial atenção os que incluem estudos geológicos.

No capítulo 4 é apresentado e desenvolvido o caso de estudo. Introdutoriamente, é feito o enquadramento geográfico e geológico da área em estudo, a zona Sul da Área Metropolitana de Lisboa, e as principais razões de ter sido considerada para esta abordagem. No desenvolvimento do estudo, está explicado o método utilizado no levantamento de pedreiras da área e a aplicação de critérios de exclusão e ponderação às que se encontram aptas a serem estudadas. Como resultado do estudo são efetuadas três abordagens: uma em que é produzido um cenário neutro onde todos os parâmetros são tratados com igual peso, outra em que os parâmetros da categoria geologia são sobrevalorizados relativamente aos restantes e, na abordagem complementar os parâmetros da categoria geologia são subvalorizados relativamente aos restantes. Deste processo resultou a elaboração de três cenários de hierarquização de pedreiras de acordo com a adequabilidade do local para receber resíduos sólidos.

No capítulo 5 são tecidas algumas conclusões relativamente ao trabalho desenvolvido e propostos trabalhos futuros que possam ser realizados na área em estudo.

O último capítulo apresenta as referências bibliográficas de apoio a este trabalho.





## 2 Estado da Arte

### 2.1 Aterros de resíduos

No início da produção de resíduos pelo ser humano não se verificavam problemas de espaço de acomodação pelo que estes eram basicamente depositados no meio ambiente (terras ou linhas de água) sem qualquer requisito. Apenas quando se deu início à vida em tribos e pequenas aldeias se verificou a acumulação de resíduos como consequência da vida em comunidade; este problema persistiu até à idade média, altura em que os resíduos domésticos eram arbitrariamente largados nas ruas ou em qualquer terreno, permitindo o crescimento da população de ratos. Este fenómeno levou à propagação da peste negra que foi responsável pela morte de cerca de um terço da população europeia no século XIV (Tchbanoglous *et al.*, 1993).

No século XVIII ocorreu a revolução industrial em Inglaterra levando a um aumento significativo da produção de resíduos que, por não existir qualquer regulamento para a sua deposição, eram descarregados em valetas, rios ou outros cursos de água. Apenas no século XIX começou a existir medidas de controlo público de recolha e deposição de resíduos urbanos de uma maneira organizada de forma a controlar os roedores e insetos, vetores de doenças (Tchbanoglous *et al.*, 1993).

A consciencialização ambiental que atualmente se verifica na sociedade começou a tomar importância no final da década de 60 do século XX. No contexto da deposição de resíduos, este aumento de consciência resultou no desenvolvimento de legislação e regulamentos que exigiam o melhoramento dos aterros de resíduos já existentes e a criação de normas de design e monitorização para a construção de novos aterros (Sharma & Lewis, 1994). Apesar de ao longo do tempo terem sido introduzidos novos métodos de tratamento e eliminação de resíduos o método mais utilizado, que passou a ser legislado e fiscalizado de forma a proteger o ambiente e as populações, é a eliminação por aterros no solo.

Numa publicação do Instituto Tecnológico GeoMinero de España uma das soluções apresentadas como possível reutilização de terrenos onde ocorreu exploração de pedreiras é o depósito de resíduos urbanos e resíduos inertes. Para que possa ser atingido esse fim, são definidas determinadas exigências a ser cumpridas: ser realizado o estudo de permeabilidade dos materiais rochosos e das características do depósito, o estudo das condições climáticas e geográficas da área e as limitações socioeconómicas relativas ao projeto. De modo a contornar, até determinado ponto, características naturais menos favoráveis, são apresentadas como soluções a impermeabilização da base e dos taludes finais da depressão antes de se iniciar o depósito dos resíduos e melhorar os sistemas de drenagem superficial e interna (Instituto Tecnológico GeoMinero de España, 1989). Estas exigências são citadas por Sousa (2012) que acrescenta ainda a necessidade das áreas se localizarem em lugares pouco visíveis e próximos de núcleos urbanos e industriais. Um exemplo prático deste fim remete para Londres onde,

devido ao rápido crescimento urbano, em 1997, todas as pedreiras localizadas a menos de 40 km desta cidade estavam identificadas como potenciais locais para ser implantado um aterro de resíduos sólidos, independentemente das suas características geológicas (Tchbanoglous *et al.*, 1993).

Num estudo da avaliação da adequabilidade de áreas mineiras abandonadas para receber resíduos industriais (Costa *et al.*, 2005) é evidenciado o duplo benefício desta prática, na medida em que contribui para a reabilitação das áreas mineiras consideradas, ao mesmo tempo diminuindo o custo de implementação e posterior encerramento de todas as infraestruturas associadas ao funcionamento de um aterro deste tipo de resíduos. Os autores consideram que o aproveitamento destas áreas para o fim descrito irá facilitar a aceitação por parte da população que, por motivos sociais e ambientais, se tende a opor à construção destas estruturas em locais selecionados através da aplicação de critérios meramente técnico-económicos. Uma vez que o local de antigas explorações mineiras já é visto pela população em geral como potencial foco de perturbações ambientais, o novo fim apresentado e a garantia que existirá uma monitorização ao longo do tempo de enchimento do aterro e que se prolongará depois do encerramento do mesmo pode representar uma maior abertura da população para a provação do projeto.

## **2.2 A utilização de SIG's na seleção de locais para instalação de aterros**

O desenvolvimento de um modelo SIG com o objetivo de selecionar possíveis locais a implementar um aterro de resíduos, este deve consistir na combinação de determinados fatores implicando a necessidade de uma abordagem científica e não preconcebida do problema contribuindo assim para o aumento da confiança por parte do público de forma a aceitar a solução proposta (Costa *et al.*, 2003).

Foram publicados diversos estudos a nível mundial utilizando uma metodologia similar baseada em SIG para a seleção de áreas aptas à instalação de aterros sanitários. A primeira fase, comum aos diversos autores, baseia-se no levantamento de cartografia da área em estudo e posterior modelação em SIG de diversos critérios legais, físicos, sociais, entre outros. Na fase de decisão podem definir-se duas abordagens: numa primeira, aplicada na região Metropolitana de Sorocaba (São Paulo, Brasil) é feita uma avaliação de cada mapa obtido na primeira fase através da atribuição de valores numéricos a cada critério de acordo com a aptidão para o fim pretendido resultando num mapa de áreas potenciais hierarquizado através da aptidão referida (Lourenço *et al.*, 2015). A outra abordagem de tomada de decisão baseia-se na análise multicritério onde é analisado cada critério de forma individual que posteriormente é integrado com outros de forma a atingir a melhor solução para o objetivo (Şener, 2004; Alanbari *et al.*, 2014).

Em Portugal têm sido conduzidos diversos estudos de escolha preferencial de localização de futuros aterros tendo por base o desenvolvimento destes modelos. O modelo proposto por Costa *et al.* (2003) foi estruturado em duas fases, inicialmente foi feito o zonamento da área em estudo

através da aplicação de critérios de exclusão definidos com base em fatores antrópicos e fatores naturais levando à divisão da área de estudo em áreas de exclusão e áreas residuais. O desenvolvimento da segunda fase consiste na avaliação das áreas residuais através de parâmetros que intervêm na sua classificação em termos de graus de aptidão para a instalação de aterros.

Seguindo um procedimento similar ao descrito anteriormente Luz *et al.* (2001) realizaram um estudo de aplicação de um SIG na seleção de locais à implementação de um aterro sanitário intermunicipal numa área de 640 km<sup>2</sup> na região do Nordeste Alentejano, tendo sido testadas as respostas dadas pelo método utilizado em locais vulneráveis à contaminação de aquíferos. No mesmo ano, Fernandes *et al.* (2011) desenvolveram um modelo teórico de SIG para a localização de aterros sanitários aplicado no concelho de Sesimbra.

Caetano *et al.* (2006) recorrem a 3 casos de estudo em Portugal para exemplificar diversas finalidades e adaptações a que pode ser necessário recorrer utilizando o método descrito anteriormente. No primeiro caso, foi realizado o zonamento territorial da Região Oeste em termos de aptidão para instalação de aterros de resíduos industriais, no segundo, foi estudada a localização de um Centro Integrado de Tratamento de Resíduos Industriais Perigosos no concelho de Pampilhosa da Serra e; por fim, foi estudada a localização de um aterro de resíduos industriais perigosos em áreas mineiras abandonadas. Simões (2009) também realizou um estudo de localização de instalações de tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos com aplicação à Área Metropolitana de Lisboa recorrendo a um método de SIG.

Uma aplicação prática da reabilitação de antigas pedreiras de forma a receber um aterro de resíduos em Portugal ocorreu no Seixal onde uma antiga exploração de areias foi reconvertida num aterro de resíduos sólidos urbanos pela empresa AMARSUL (Figura 2.1).



Figura 2.1 – Reconversão de um antigo areeiro num aterro de resíduos sólidos urbanos no Seixal (Portugal) (adaptado de Bastos & Silva, sem data).



### 3 Metodologia geral do trabalho

O local de instalação de um aterro está dependente de diversos critérios descritos por vários autores entre os quais se podem destacar os constrangimentos legais e sociais, as condições geológicas e hidrogeológicas da área em estudo, critérios técnicos que envolvam a saúde humana, a fauna, a flora, o solo, o ar, a água e a paisagem (Costa *et al.*, 2003), a proximidade à fonte de geração do resíduo (no caso de resíduos sólidos urbanos a proximidade às áreas residenciais ou no caso de resíduos setoriais a proximidade a áreas industriais), a adequabilidade dos acessos ao local, o impacto ambiental a nível local provocado pelas operações de construção do aterro (no caso de estudo deste trabalho este impacto seria reduzido uma vez que parte dos impactos já se verificaram durante a fase de exploração da pedreira) e a distância do limite do aterro relativamente a áreas residenciais, linhas de água e locais de produção agrícola (Williams, 2005).

Depois de proposto um local, a sua avaliação deve recorrer ao estudo de vários parâmetros geológicos e hidrogeológicos através de pesquisa bibliográfica, estudo topográfico, realização de poços, amostragem, ensaios geofísicos e estudos da cartografia da área. O estudo dos dados recolhidos deverá permitir a caracterização dos terrenos, solos e rochas (mineralogia e permeabilidade) e o nível freático em vários pontos da área onde poderá ser implementado o aterro. O levantamento topográfico permitirá calcular o espaço disponível para aterro e, consequentemente, o volume de resíduos que poderá armazenar. De forma a complementar a informação deve ser feito um levantamento dos dados meteorológicos do local, o seu uso passado e infraestruturas de transportes existentes.

Além dos critérios definidos, é importante ter em conta a opinião política e pública, especialmente dos residentes na área, por isso a proposta apresentada deve documentar de forma precisa as razões que justifiquem a instalação de um aterro no local designado e os seus impactos a médio e longo prazo.

De forma a estudar a adequabilidade das pedreiras da região em estudo para receber resíduos sólidos tendo em conta maior número de critérios descritos foi utilizada uma metodologia composta por três etapas apresentada esquematicamente na Figura 3.1.

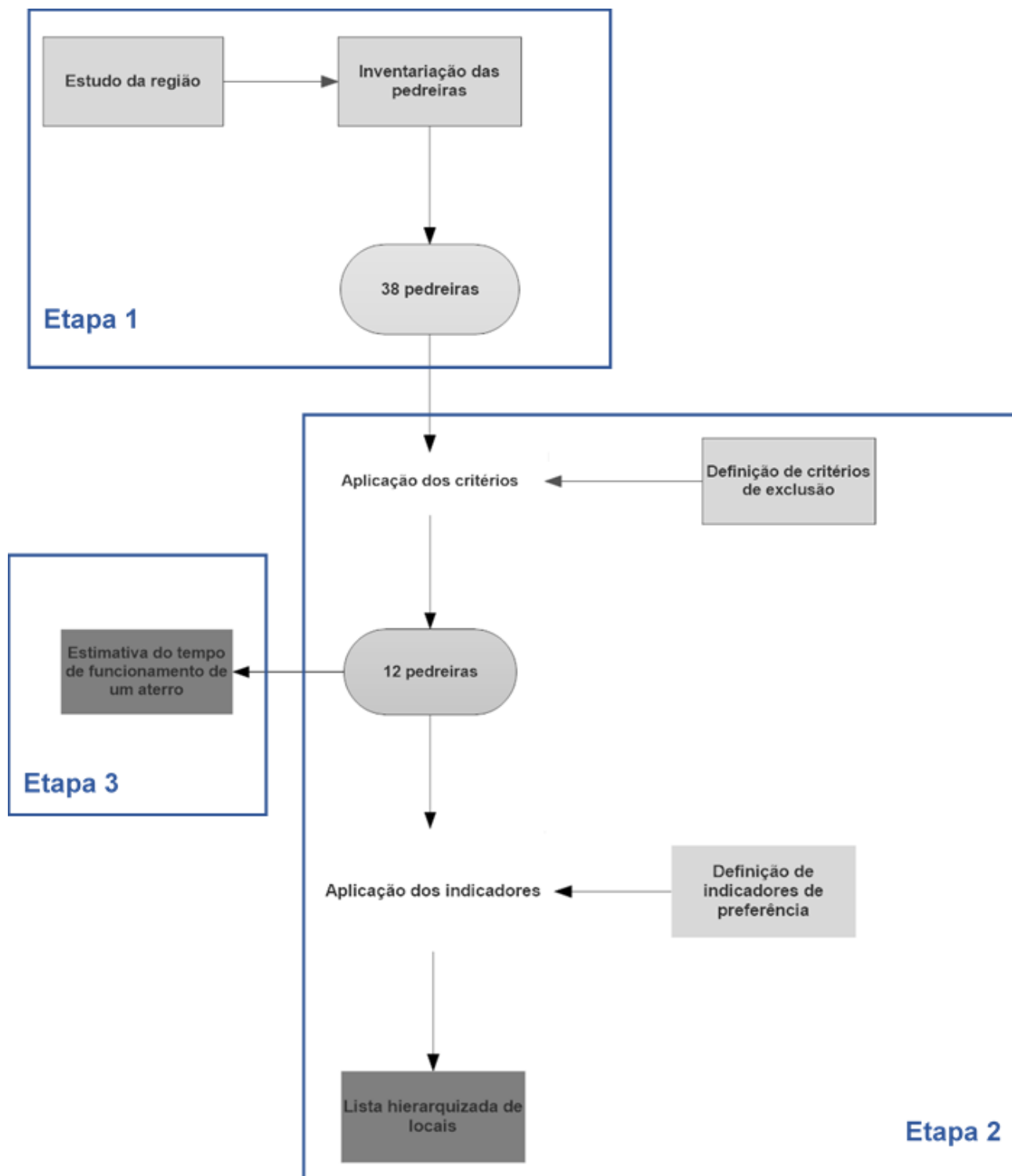


Figura 3.1 - Esquema geral da metodologia adotada no trabalho.

### 3.1 Fatores condicionantes para a localização de aterros de resíduos sólidos

A necessidade de conjugar fatores tão complexos como fatores ambientais, legais e económicos releva a extrema dificuldade em encontrar um local ideal para implementar um aterro de resíduos sólidos. Por este motivo, de forma geral, são estudadas diversas localizações e, na escolha final, deve ter-se em conta a preservação da qualidade do ambiente cumprindo as exigências associadas aos aspetos construtivos, de exploração e monitorização dos aterros para resíduos (Cabeças & Levy, 2006).

De forma a poder cumprir-se estes objetivos foram estudados determinados fatores que condicionam a localização de aterros de resíduos sólidos para posteriormente serem aplicados no caso em estudo. Ao longo deste ponto serão descritos os diversos fatores que influenciam a escolha de um local justificando os respetivos parâmetros e a forma como irão influenciar a escolha do melhor local como possível destino de resíduos sólidos, no caso deste trabalho, a escolha da pedreira que reúna as características mais adequadas.

#### 3.1.1 Geologia local

Tal como já foi referido, existem diversos tipos de aterros de acordo com a perigosidade dos resíduos a serem depositados. A geologia do local irá exercer um papel fundamental na determinação do tipo de aterro a ser implementado, sendo de esperar que os maciços rochosos mais permeáveis apenas possam alojar aterros de resíduos inertes e, à medida que a permeabilidade diminua, possam ser depositados resíduos urbanos e em situações de qualidade excecionais de morfologia e estrutura deste pode ponderar-se a deposição de resíduos industriais banais ou até perigosos. Teoricamente, uma antiga exploração de argilas, xistos argilosos ou areias muito finas apresenta condições mais favoráveis para a implementação de um aterro de resíduos sólidos ao passo que rochas carbonatadas fraturadas e fissuradas, areias ou cascalho apresentam condições menos favoráveis para a mesma finalidade. Esta relação advém do facto das litologias acima referidos apresentarem uma menor permeabilidade que outras, constituindo uma barreira natural passiva, o que não permite a migração de lixiviados e outros componentes poluentes, refletindo-se numa maior proteção dos recursos naturais existentes na proximidade. Assim, por exemplo, uma antiga exploração de argilas pode considerar-se como tendo uma maior aptidão para a implementação de um aterro de diversos tipos de resíduos (desde resíduos industriais e urbanos a resíduos inertes) sendo que uma antiga exploração de areias apresenta maior aptidão apenas para a deposição de resíduos inertes. Em todos os casos, não está dispensada a aplicação de técnicas para melhoria do terreno e de proteção do maciço e da realização de ensaios de aptidão geológica e geotécnica no local de forma a confirmar a sua aptidão para receber determinado tipo de resíduos.

Além da implicação direta deste parâmetro na escolha do tipo de resíduos que podem ser depositados, as características geológicas do local podem influenciar o movimento dos lixiviados

e o potencial de rotura do maciço que se dá preferencialmente segundo as descontinuidades e planos de falha existentes (Şener, 2004).

Segundo Bennett & Doyle (1997) existem determinadas características geológicas que devem ser avaliadas de forma a determinar a adequabilidade de um local para a instalação de um aterro como:

- Composição física e química das rochas do maciço (tipo de rocha, características granulométricas, textura, etc.);
- Resistência ao desgaste e erosão e solubilidade das rochas;
- Porosidade de cada camada litológica e a sua permeabilidade à água, lixiviados e gás produzido durante a decomposição dos resíduos;
- Extensão vertical e horizontal de cada unidade estratigráfica e as características presentes na fronteira das mesmas bem como a sua natureza e espaçamento;
- Deformações estruturais, presença de falhas e descontinuidades e possibilidade de existência de cavidades cársticas (em pedreiras de exploração de calcários).

O Decreto-Lei n.º 183/2009 define que a base e os taludes de confinamento do aterro devem consistir numa camada mineral natural que, de forma combinada, satisfaça as condições de condutividade hidráulica e espessura que garantam a proteção do solo e das águas subterrâneas e de superfície (Tabela 3.1).

Tabela 3.1 – Condições de permeabilidade e espessura da camada mineral de base e taludes de confinamento do aterro (adaptado de Decreto-Lei n.º 183/2009 de 10 de Agosto, 2009).

	Classe do aterro		
	Aterro para resíduos inertes	Aterro para resíduos não perigosos	Aterro para resíduos perigosos
<b>Coeficiente de permeabilidade [m/s]</b>	$\leq 1 \times 10^{-7}$	$\leq 1 \times 10^{-9}$	$\leq 1 \times 10^{-9}$
<b>Espessura</b>	$\geq 1$ m	$\geq 1$ m	$\geq 5$ m

De forma a obter a avaliação precisa das características acima referidas deve ser realizada uma campanha de sondagens complementada por ensaios de permeabilidade adequados no local proposto para implementação do aterro e zona envolvente.

### 3.1.2 Distâncias de exclusão

Apesar de vários autores utilizarem uma metodologia muito semelhante para o estudo de um local como potencial recetor de resíduos as distâncias de exclusão podem apresentar diferenças significativas em relação ao mesmo fator. Os perímetros apresentados na Tabela 3.2 resultaram da consulta bibliográfica de vários autores relativamente a aterros de resíduos sólidos urbanos



e foram escolhidos aqueles que, de forma ponderada, se pensa representarem uma maior proteção para o ambiente e para as populações. Considera-se ainda que se os perímetros propostos são adequados para a construção de um aterro de resíduos sólidos urbanos obrigatoriamente serão adequados ao armazenamento de resíduos inertes pois devido às suas características representam um menor risco de contaminação e, por isso, serão adotados para o caso em estudo uma vez que não se irá considerar a opção de armazenar resíduos perigosos devido à escassa informação relativamente a todos os aspetos relacionados com as pedreiras em estudo.

Tabela 3.2 – Perímetros de segurança a considerar na construção de um aterro de resíduos sólidos urbanos (adaptado de Sharma & Lewis, 1994; Costa *et al.*, 2005; Fernandes *et al.*, 2001).

<b>Estrutura</b>	<b>Perímetro proposto</b>
<b>Aeroportos</b>	3000 metros a partir do final da pista
<b>Planícies aluviais</b>	Apenas se pode construir um aterro neste local caso tenha decorrido no mínimo 100 anos desde a última submersão. Se o aterro tiver de ser construído numa planície aluvionar tem que ser projetado de forma a não restringir o fluxo da água de enchente, reduzir a capacidade de armazenamento da planície aluvionar e não permitir o transporte de resíduos sólidos por parte da água.
<b>Falhas sísmicas</b>	2000 metros de uma falha ativa ou potencialmente ativa
<b>Rios ou canais</b>	100 metros
<b>Lagos e albufeiras</b>	300 metros
<b>Estuários ou Oceano</b>	500 metros
<b>Encostas íngremes</b>	100 metros de encostas com inclinação superior a 20º
<b>Cabos de alta tensão</b>	30 metros

### 3.1.3 Área disponível

O local escolhido para implementar um aterro de resíduos sólidos deve ter uma área suficiente que permita o funcionamento do aterro durante, pelo menos, cinco anos uma vez que para períodos menores os custos de instalação de equipamentos e infraestruturas de apoio se tornam insustentáveis, devendo preferencialmente ter a capacidade para servir a população da zona durante 10 a 25 anos (Tchbanoglous *et al.*, 1993).

Além da depressão propriamente dita a área em estudo deve ter um espaço suficiente para assegurar a construção de um conjunto de estruturas essenciais ao correto funcionamento do mesmo como (Cabeças & Levy, 2006):

- Zona de aterro para a deposição de materiais inertes e depósito provisório de terra vegetal e de cobertura diária dos trabalhos;
- Instalações de apoio e infraestruturas gerais;
- Vias internas de circulação e acesso às frentes de trabalho;
- Estação de tratamento de águas residuais e biogás;
- Zona com plantação de vegetação para vir a ser utilizada no arranjo paisagístico.

Tendo em conta estes fatores deve somar-se à área da depressão 1,5 hectares para instalações de apoio e cortina arbórea, 0,5 hectares reservados a vias de circulação interna e 0,5 hectares para a instalação de sistemas de tratamento de efluentes. Estes dados são propostos por Cabeças & Levy (2016) e trata-se de uma generalização pelo que devem ser ajustados após um estudo mais aprofundado da área.

Após a instalação de todas as estruturas, a área do aterro deve ser vedada de forma a limitar o acesso à zona de trabalho apenas a pessoas autorizadas.

#### 3.1.4 Características do terreno

Tal como já foi referido em 1.3 no final de cada dia é necessário cobrir a camada de resíduos depositados no aterro com uma camada de cobertura, recorrendo-se normalmente a solo ou outro tipo de material inerte. No final do período de operação do aterro também se recorre a uma camada de cobertura constituída essencialmente por solo de forma a constituir uma barreira entre os resíduos e os agentes atmosféricos e permitir um novo uso para o terreno.

Para que as funções descritas sejam cumpridas é necessário estudar previamente a quantidade de solo disponível na área e as suas características geológicas e hidrogeológicas. Caso não se verifiquem os requisitos pretendidos será necessário recorrer a uma zona de empréstimo de material. Neste caso é necessário recolher amostras e efetuar testes para determinar a sua adequabilidade (Tchbanoglous *et al.*, 1993).

#### 3.1.5 Topografia

A topografia do local irá afetar o tipo de aterro a implementar, a escolha dos equipamentos mais adequados e as operações de preparação do local que é necessário efetuar. (Tchbanoglous *et al.*, 1993). Relativamente à altitude é desaconselhada a implementação de aterros a cotas elevadas, geralmente superior a 500 metros (Costa, 1997 *apud* Fernandes *et al.*, 2001).

O estudo da topografia do local pode indicar a estabilidade dos taludes naturais e avaliar a sua resposta em caso de um fenómeno natural extremo como inundações ou sismos (Bennett & Doyle, 1997).

### 3.1.6 Condições climáticas

As condições climáticas devem ser estudadas na fase de escolha do local a implementar o projeto para que possam ser aplicadas as medidas de minimização mais adequadas na fase de projeto. Tendo em conta a localização geográfica da área em estudo neste trabalho considera-se importante estudar com algum detalhe os padrões e intensidade dos ventos, para que posteriormente possam ser implementadas barreiras que não permitam a passagem de detritos sólidos e odores resultantes da decomposição dos resíduos para fora dos limites do aterro, e a pluviosidade anual no local (Tchbanoglous *et al.*, 1993).

### 3.1.7 Hidrologia superficial e hidrogeologia

É importante estudar as condições de drenagem natural do local e os valores de infiltração de forma a avaliar os mecanismos de interação entre as águas de escorrência e as águas subterrâneas para posteriormente implementar medidas que reduzam a infiltração de água no aterro. No decorrer da campanha de sondagens referida em 3.1.1 devem ser realizados determinados ensaios e recolhidos dados que permitam determinar a direção geral de escoamento da água subterrânea abaixo do futuro aterro, determinar se existem aquíferos com ligação hidráulica direta com o local proposto e determinar o tipo de proteção mais adequada a implementar no local (Tchbanoglous *et al.*, 1993).

O Decreto-Lei n.º 382/99 de 22 de setembro define que a construção de aterros está interdita dentro do perímetro de proteção alargado de um furo de captação. Este perímetro deve ser definido após a realização de estudos geológicos, hidrogeológicos e económicos relativamente às características do aquífero onde se encontra a captação, condições de captação e caudais de exploração. O mesmo decreto define ainda que caso não seja possível realizar os estudos referidos e mediante prévio parecer favorável da direção regional do ambiente territorialmente competente, a determinação das zonas de proteção poderá ser feita através de recurso ao método do raio fixo.

Não se deve ponderar qualquer local onde exista um aquífero de elevada qualidade de forma a proteger a potabilidade da água. Caso se verifique que a água do aquífero apresenta um total de sólidos dissolvidos inferior a 1000 mg/l deve ser evitada a implementação de um aterro nesse local ou este deve ser protegido com um sistema de impermeabilização adequado e devem ser implementados poços de monitorização (Şener, 2004).

Analisando os resultados de vários ensaios realizados considera-se que a adequabilidade do local é tanto maior quanto menor for a velocidade do fluxo de água no aquífero uma vez que uma elevada velocidade de fluxo pode potencialmente levar ao alastramento dos lixiviados no solo (Şener, 2004).

Bennett & Doyle (1997) propõem um conjunto de parâmetros hidrogeológicos que devem ser determinados localmente antes da decisão da implementação do aterro:

- Permeabilidade de cada camada litológica do maciço;
- Natureza do regime de escoamento subterrâneo, gradiente hidráulico e taxa de fluxo incluindo as suas variações sazonais;
- Distribuição e profundidade dos aquíferos;
- Níveis freáticos nas várias camadas litológicas;
- Características químicas das águas subterrâneas no local;
- Taxas de escoamento superficial, evaporação e recarga dos aquíferos.

Podemos concluir que o conhecimento da hidrogeologia é fundamental para o estudo da potencial poluição causada pela fuga de lixiviados e gases produzidos no aterro para o meio geológico e hidrogeológico e também para definir as medidas de prevenção e as que devem ser tomadas caso se verifique essa fuga e consequente contaminação dos aquíferos (Tchbanoglous *et al.*, 1993).

### 3.1.8 Zona envolvente

#### 3.1.8.1 Acessos

O local onde irá ser implementado um aterro de resíduos sólidos deve estar próximo o suficiente das principais vias de comunicação e os acessos ao local devem ser competentes o suficiente para permitirem a passagem de equipamentos de grande envergadura. Caso exista uma linha de caminhos de ferro na proximidade do aterro pode ainda considerar-se esta opção para o transporte de resíduos até ao local (Tchbanoglous *et al.*, 1993).

Tendo em conta os valores de importação de resíduos em Portugal a proximidade do local em estudo a uma linha férrea e/ou portos pode potencializar o mesmo uma vez que se apresenta como uma possibilidade para receber estes resíduos sem aumentar em demasia os custos de transporte traduzindo-se assim numa importante vantagem económica.

Apesar da importância da proximidade do aterro a estradas e caminhos de ferro é necessário respeitar uma distância adequada aos mesmos sendo o acesso às frentes de trabalho feito por vias internas de circulação. O aterro deve por isso distar, no mínimo, 300 metros relativamente a autoestradas, 100 metros relativamente a estradas nacionais e 30 metros relativamente a estradas municipais e caminhos de ferro (Costa *et al.*, 2005).

#### 3.1.8.2 Distância a áreas residenciais

Na escolha do local indicado para um aterro de resíduos é importante ter em conta a distância a que este se encontra de núcleos residenciais e industriais. Esta distância deve ser tida em conta em dois contextos distintos: primeiro o aterro deve encontrar-se próximo o suficiente dos núcleos

produtores de resíduos de forma a que os custos de transporte não se tornem insuportáveis no custo global; no entanto existem distâncias mínimas entre o aterro e as zonas residenciais que devem ser respeitadas uma vez que a operação de deposição de resíduos resulta necessariamente em diversos impactes como aumento do tráfego de veículos pesados, poluição sonora, libertação de odores, poeiras e detritos por via aérea e também um impacte visual.

Propõe-se, assim, um raio de proteção de 5000 metros entre o local proposto e uma capital de distrito, 2500 metros entre o mesmo e uma sede de concelho e 500 metros entre o aterro e uma povoação, casa isolada ou indústria (Costa *et al.*, 2005). Relativamente a parques públicos considera-se que o aterro deve ser localizado, no mínimo, a 300 metros destes (Fernandes *et al.*, 2001). Além do raio proposto deve proteger-se, de forma racional, pontos que estejam referenciados como interesse turístico, áreas de interesse geológico, castelos, cemitérios e igrejas.

#### *3.1.8.3 Fauna e flora da região*

Deve ser realizado o levantamento da biodiversidade da zona e estudar de que forma a implementação de um aterro de resíduos sólidos irá afetar as espécies existentes. Caso se verifique que na zona envolvente existe um habitat de uma espécie em vias de extinção deve dar-se uma importância ainda maior a este aspeto.

Ao ser identificada uma zona protegida por qualquer entidade competente fica excluída a possibilidade de construção de um aterro em toda a área.

## 4 Caso de estudo

### 4.1 Enquadramento geográfico e de produção de resíduos

A área de estudo deste trabalho pertence à Área Metropolitana de Lisboa (AML) localizada a Sul do rio Tejo englobando os concelhos de Sesimbra, Seixal, Barreiro, Setúbal e Palmela pertencentes ao distrito de Setúbal (Figura 4.1) numa área total de 1022 km<sup>2</sup> e com uma população residente, em 2016, de 473 441 habitantes (dados disponíveis em pordata.pt, 2017 (1); pordata.pt, 2017 (2)).



Figura 4.1 – Enquadramento geográfico do distrito de Setúbal e em pormenor a área em estudo (adaptado de GoogleMaps e <http://aiset.pt/peninsula-de-setubal/>).

Apesar de apenas os concelhos citados apresentarem dados sobre a atividade extrativa que permitam ser utilizados como objeto de estudo para este trabalho, é importante considerar a população residente de todos os concelhos da zona Sul da AML (representados no pormenor da Figura 4.1) uma vez que se apresentam como produtores de resíduos que, devido à proximidade geográfica, podem potencialmente ser absorvidos por um futuro aterro localizado numa das pedreiras de um concelho próximo. Os dados da população residente destes concelhos bem como a tonelagem de resíduos urbanos recolhidos e dos quais tiveram como destino final aterro no ano de 2016 encontram-se representados na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Área e população residente nos concelhos da zona Sul da AML e respetiva tonelagem de RU recolhidos e com destino final aterro no ano de 2016 (adaptado de pordata.pt, 2017 (3)).

		Área [km <sup>2</sup> ]	População residente	Resíduos Urbanos recolhidos [t]	Resíduos Urbanos com destino final aterro [t]
Concelho	<b>Alcochete</b>	128	18 914	9 521	7 398
	<b>Almada</b>	70	169 510	96 644	82 567
	<b>Barreiro</b>	36	76 206	32 235	25 041
	<b>Moita</b>	55	64 936	33 114	27 261
	<b>Montijo</b>	349	55 448	25 187	19 803
	<b>Palmela</b>	465	64 128	39 967	32 571
	<b>Seixal</b>	95	164 874	68 729	59 709
	<b>Sesimbra</b>	196	50 853	32 783	27 954
	<b>Setúbal</b>	230	117 380	65 361	47 525
	<b>Total</b>	1 496	763 335	403 541	329 829

Na península de Setúbal estão sediadas 63 855 empresas não financeiras (balanço em 2016 disponível em pordata.pt), de vários setores de atividade. Os dados disponíveis relativos ao destino final dos resíduos recolhidos por atividade económica mais recentes remetem ao ano 2012 (consultar Anexo III). Uma vez que os dois tipos de dados referidos foram recolhidos por entidades diferentes, as designações do setor de atividade apresentam algumas diferenças, no entanto, na Tabela 4.2 estão descritas as associações realizadas bem como a percentagem do total de resíduos recolhidos referentes à atividade em estudo obtida pela análise dos dados presentes no Anexo III. De notar que, caso não existisse correspondência exata entre as tabelas consideradas, foi adotado o valor de resíduos depositados em aterro provenientes de comércio e serviços uma vez que se trata de uma área bastante abrangente e todos os setores de atividade geram resíduos no decorrer da sua atividade.

Tabela 4.2 – Número de empresas sediadas na península de Setúbal por setor de atividade em 2016 e estimativa da percentagem de resíduos resultante da sua atividade depositados em aterro em 2012 (adaptado de pordata.pt, 2018 e Instituto Nacional de Estatística, 2014).

<b>Setor de atividade</b>	<b>Número total de empresas</b>		<b>Resíduos depositados em aterro em 2012 [%]</b>
<b>Comércio por grosso e a retalho</b>	14 692	Comércio e serviços	6,2
		Comércio de sucatas e desperdícios	
<b>Atividades administrativas e dos serviços de apoio</b>	10 576	Gestão e valorização de resíduos	13,6
		Comércio e serviços	
<b>Atividades de consultoria, científicas, técnicas e similares</b>	6 929	Comércio e serviços	6
<b>Atividades de saúde humana e apoio social</b>	5 919	Comércio e serviços	6
<b>Alojamento, restauração e similares</b>	5 602	Alimentação, bebidas e tabaco	6
<b>Construção</b>	4 993	Construção	11
<b>Educação</b>	3 670	Comércio e serviços	6
<b>Indústrias transformadoras</b>	2 786	Consultar nota imediatamente depois da tabela	13,8
<b>Atividades imobiliárias</b>	1 371	Comércio e serviços	6
<b>Transporte e armazenagem</b>	1 114	Comércio e serviços	6
<b>Atividade de Informação e comunicação</b>	1 033	Pasta, papel, impressão e suportes gravados	22
		Comércio e serviços	
<b>Pesca</b>	559	Agricultura, florestas e pesca	11
<b>Captação, tratamento e distribuição de água</b>	79	Captação de água, saneamento e atividades descontaminantes	22
<b>Indústrias extrativas</b>	27	Indústrias extrativas	5
<b>Eletricidade, gás, vapor, água quente e fria e ar frio</b>	22	Eletricidade, gás e água quente	52
<b>Outras atividades de serviços</b>	4 483	Comércio e serviços	6
<b>Total</b>	63 855		-



A percentagem de resíduos depositados em aterro produzidos pelas indústrias transformadoras resultou da média das percentagens relativas aos setores de pasta, papel, cartão, impressão e suportes gravados; minerais não metálicos; químicas, farmacêuticas, borrachas e plásticos; indústrias metalúrgicas de base e de produtos metálicos; têxteis e peles; fabricação de máquinas, equipamentos e material de transporte e fabricação de mobiliário, outras indústrias e manutenção/instalação de equipamentos.

Como é possível verificar considerando a adaptação realizada, em todos os setores de atividade com representação na península de Setúbal, comparando com dados a nível nacional do mesmo ano, um mínimo de 6% dos resíduos produzidos no decorrer das suas atividades tiveram como destino final aterro. É ainda de salientar que existem 4 setores com representação superior a 1000 empresas em que se estima terem sido depositados em aterro mais de 11% dos resíduos produzidos.

#### **4.2 Escolha da área de estudo**

A área de estudo foi escolhida através da conjugação de diversos fatores. Geograficamente, a zona localiza-se próximo de Lisboa traduzindo-se numa elevada densidade populacional, com a média em 2016 a ser superior a 960 indivíduos por km<sup>2</sup>, sendo que em 4 dos concelhos no mesmo ano este dado era superior a 1 100 indivíduos por km<sup>2</sup> (pordata.pt, 2017 (4)). Para além da população, a proximidade à capital e o contacto, por um lado com o rio Tejo, por outro, com o Oceano Atlântico levou à fixação de um elevado número de empresas na zona. Estes dois fatores levam a uma elevada produção de resíduos sólidos urbanos e também de resíduos setoriais que necessitam de um destino apropriado, mesmo após todas as operações de reciclagem que possam ser aplicadas. Por fim, as características geológicas de determinadas áreas levaram ao longo do tempo à instalação de um número representativo de pedreiras de forma a serem explorados diversos materiais geológicos como, por exemplo, rochas ornamentais ou industriais ou outros minerais que são aplicados em diversas indústrias como o gesso.

Assim, esta área apresenta tanto a fonte de resíduos, como uma possível solução para o destino final dos mesmos através do aproveitamento de locais já escavados, alguns com dimensões consideráveis, que podem assim ser aproveitados para benefício imediato da população.

#### **4.3 Enquadramento geológico e hidrogeológico**

No enquadramento geológico da Península de Setúbal distingue-se a presença de duas unidades morfo-estruturais essenciais, a Bacia do Baixo Tejo (englobada na Bacia do Tejo) e a Bacia Lusitaniana (Figura 4.2).

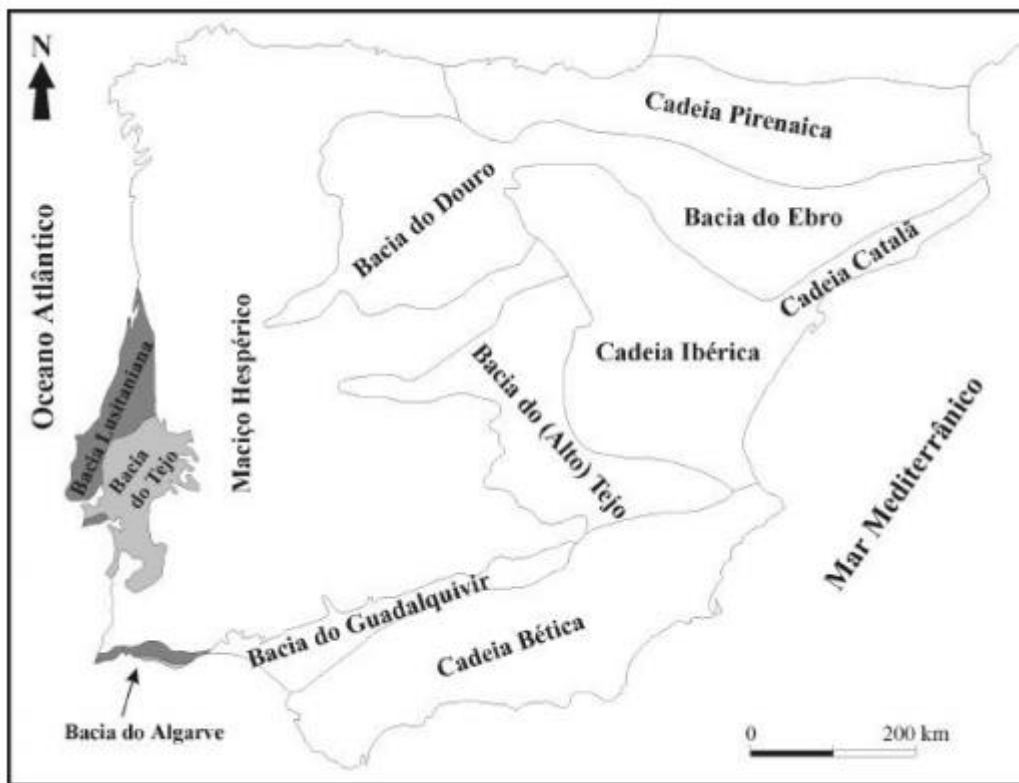


Figura 4.2 – Unidades morfo-estruturais da península Ibérica. Assinala-se, na Península de Setúbal, a Bacia Cenozóica do Tejo (a cinzento claro) e a unidade mesozóica da Bacia Lusitaniana (a cinzento escuro). Fonte: Kullberg, 2000 *apud* Ribeiro *et al.* 1979.

A Bacia do Baixo Tejo corresponde a uma depressão tectónica alongada na direção aproximadamente NE-SW que se estende do litoral da Península de Setúbal até à Área de Placência em Espanha (Dias & Pais, 2009; Moniz, 2010). Na zona Sul da Península de Setúbal ocorre a parte mais meridional da Bacia Lusitaniana, delimitando o seu setor Sul através da falha Setúbal – Pinhal Novo (bordo oriental) e da falha da Arrábida, localizada alguns quilómetros a Sul da linha de costa (bordo meridional) (Kullberg, 2000). Nesta zona afloram sedimentos de idade mesozóica ocorrendo a intrusão de rochas ígneas e vulcano sedimentares na forma de filões e intrusões diversas (Manuppella *et al.*, 1999; Moniz, 2010).

Na Península de Setúbal podem distinguir-se dois conjuntos principais de unidades geológicas, as formações terciárias e quaternárias da Bacia do Baixo Tejo e as formações jurássicas e cretácicas do maciço da Arrábida (Figura 4.3).

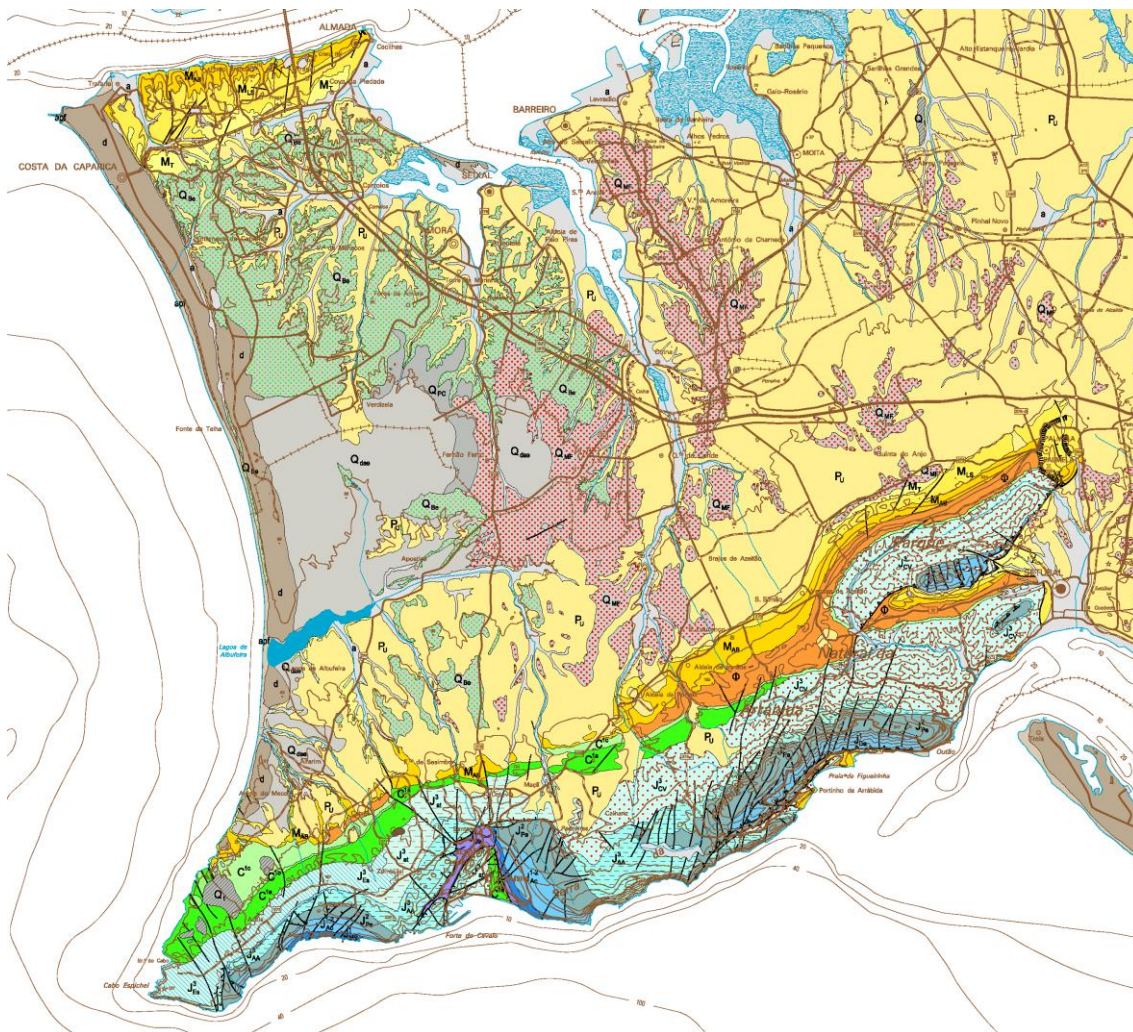


Figura 4.3 - Enquadramento geológico da Península de Setúbal. Excerto da carta geológica de Portugal na escala 1:100 000, folha Sul da AML (Costa *et al.*, 2005) cuja legenda pode ser consultada no Anexo V.

Na região ocupada pela Bacia do Baixo Tejo pode observar-se uma orla exterior elevada e uma depressão interior preenchida por sedimentos, destacando-se o sinclinal de Albufeira de perfil assimétrico cuja zona axial é ampla e pouco arqueada coincidindo praticamente com o alinhamento ENE – WSW da Lagoa de Albufeira. Esta estrutura liga-se, a Norte, ao anticlinal da região de Lisboa e, a Sul, à cadeia da Arrábida sendo constituída, maioritariamente, por depósitos detríticos argilosos, arenosos e conglomeráticos observando-se alguns níveis margosos e de calcários, essencialmente de idade cenozóica, sobretudo do Miocénico e do Plio-Plistocénico, que se encontram cobertos por materiais mais recentes do Holocénico correspondendo a depósitos detríticos essencialmente de praia, dunas e de aluvião (Caetano, 2006).

Na parte meridional da Península de Setúbal destaca-se a cadeia da Arrábida, como uma unidade natural individualizada que se prolonga segundo a direção ENE – WSW ao longo de cerca de 30 km, com uma largura média de 6 a 7 km, de Setúbal até ao Cabo Espichel

prolongando-se a Oeste deste por cerca de 5 km imersa na plataforma continental. A compressão tectónica que originou os relevos da cadeia da Arrábida ocorreu durante o Miocénico e os movimentos ocorridos deformaram fortemente as sequências sedimentares de idade mesozóica e cenozóica, essencialmente constituídas por calcários, dolomitos e margas, intercaladas com algumas unidades detríticas de arenitos e conglomerados, e deram origem a vários deslocamentos tectónicos por cavalgamento, e à formação de três estruturas anticlinais: do Formosinho, do Viso e da Serra de S. Luís (Caetano, 2006).

Do ponto de vista hidrogeológico, o sistema aquífero da península de Setúbal é constituído por três principais aquíferos (Almeida *et al.*, 2000):

- Aquífero superior livre instalado nas camadas do topo do Pliocénico e depósitos detríticos mais recentes;
- Aquífero confinado multicamada que se encontra subjacente ao anterior e que tem por suporte as camadas de base do Pliocénico e camadas greso-calcárias atribuídas ao Helveciano superior;
- Aquífero confinado multicamada inferior que está separado por formações margosas espessas do outro aquífero confinado e é suportado por formações greso-calcárias da base do Miocénico. Este aquífero não é explorado devido à sua menor produtividade e inferior qualidade das águas.

#### **4.4 Aplicação da metodologia**

Este trabalho apresenta-se como um estudo preliminar sobre a aptidão das pedreiras da península de Setúbal poderem vir a ser consideradas como um destino para lidar com a problemática dos resíduos sólidos produzidos na região. Por este motivo considera-se que o mais importante não é chegar a uma localização final ideal, mas hierarquizar, através da aplicação dos parâmetros descritos no capítulo 3, as pedreiras identificadas nesta zona. Para tal foi aplicada a metodologia apresentada no capítulo anterior e que se encontra descrita ao longo deste ponto.

##### **4.4.1 Etapa 1 – Seleção de locais potenciais (pedreiras) para instalação de aterros**

A seleção das pedreiras para este estudo teve por base uma pesquisa bibliográfica acompanhada por uma análise detalhada de imagens de satélite da região de forma a identificar cada exploração ou respetivos vestígios, no caso de explorações abandonadas. Uma vez que os dados foram recolhidos de diferentes fontes e em diversos formatos é possível que existam alguns erros ou desatualizações em algumas das denominações. No entanto, teve-se o cuidado de fazer corresponder o tipo de exploração descrito com a unidade geológica/litológica de cada local. Verifica-se, assim, que a maior parte das pedreiras identificadas se encontra agrupada em núcleos definidos pelo tipo litológico existente no local (Figura 4.4).

A identificação de cada pedreira permitiu determinar o estado de exploração em que se encontra à data, o tipo de exploração existente e a identificação das coordenadas geográficas do ponto central da mesma. O procedimento descrito a partir deste ponto foi executado através do programa ArcGIS 10.1 desenvolvido pela empresa ESRI utilizando como georreferência o sistema de coordenadas Mercator transformado de 1989 Portugal.

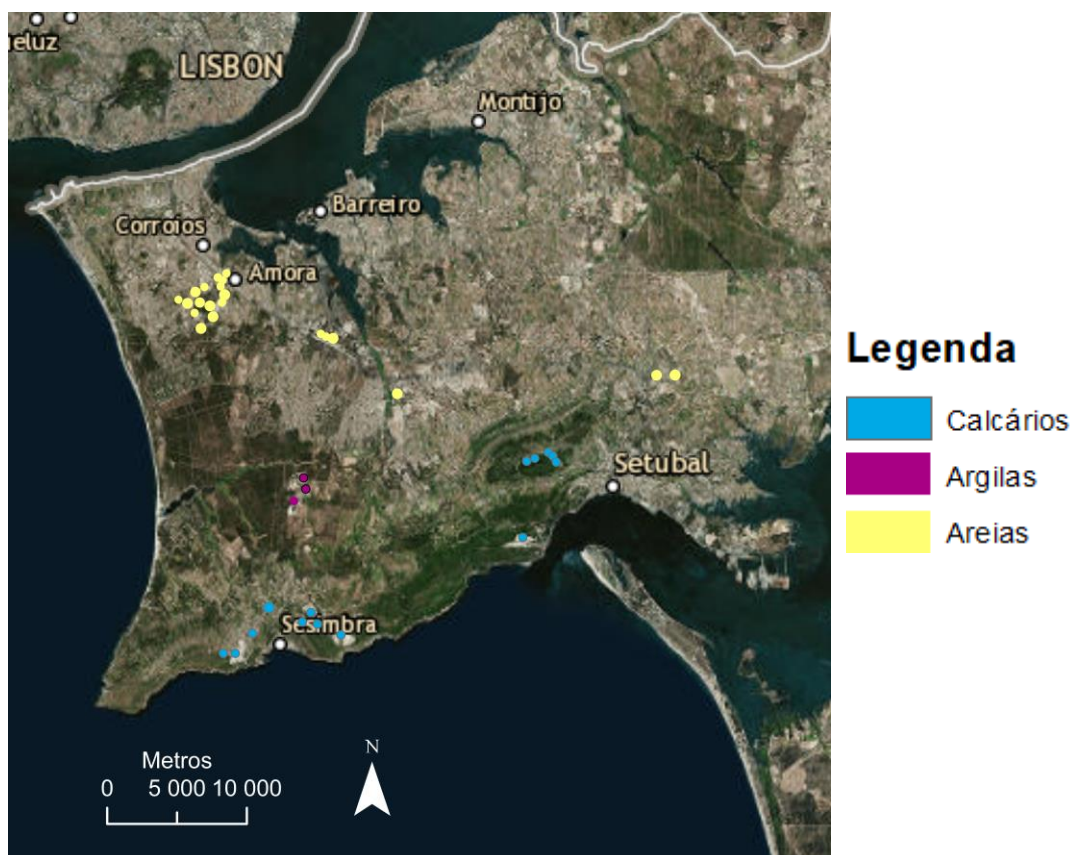


Figura 4.4 – Localização geográfica das pedreiras identificadas e respetivo tipo litológico explorado.

Foram identificadas mais explorações além das que estão representadas na Figura 4.4 mas não foram consideradas por, pelo menos, um dos seguintes motivos:

- Representarem um maior erro de localização pois apesar da pesquisa bibliográfica não foi possível encontrar mais dados sobre a exploração;
- Não apresentarem dimensão suficiente para acolher uma estrutura necessária para o funcionamento de um aterro de resíduos sólidos;
- A área já se encontrar totalmente reflorestada não permitindo por isso a sua distinção na imagem de satélite.

Cada pedreira identificada foi delimitada pelo perímetro de exploração formando um polígono (Figura 4.5). A delimitação da pedreira foi feita pelo limite da exploração à data da imagem de satélite ou, em caso de se tratar de uma exploração abandonada, recorreu-se aos limites da depressão, apesar de poder existir alguma vegetação rasteira a cobrir a mesma. Como já foi



referido esta delimitação resultou num polígono a partir do qual foi possível calcular a área e o perímetro que foram consideradas como sendo os da exploração.



Figura 4.5 – Exemplo de um núcleo de exploração, Brejos da Palmeira, antes das pedreiras serem delineadas individualmente (à esquerda) e depois de serem identificadas através de um polígono (à direita).

Os dados obtidos para cada pedreira estão listados na tabela presente no Anexo IV. Relativamente ao estado de exploração foi considerada, através da análise da imagem de satélite e pesquisa bibliográfica, uma de três possibilidades: em exploração, inativa (aparentemente sem exploração, mas não apresenta qualquer tipo de recuperação visível) e em recuperação (suportada por bibliografia ou por estar totalmente envolvida pela vegetação não sendo possível identificar a depressão de escavação com precisão).

#### 4.4.2 Etapa 2 – Estudo da adequabilidade de cada pedreira à receção de resíduos sólidos

Cada pedreira referenciada no Anexo IV foi submetida ao estudo de adequabilidade para receber resíduos sólidos através de duas fases, inicialmente foram aplicados critérios de exclusão e as pedreiras que não apresentavam nenhum destes foram posteriormente classificadas de acordo com as características apresentadas e a sua respetiva adequabilidade para receber resíduos sólidos.

##### *Primeira fase do estudo - Aplicação dos critérios de exclusão*

Na primeira fase do estudo foram aplicados critérios de exclusão a cada pedreira. Caso não fosse verificada a conformidade, no mínimo, com um dos critérios a pedreira seria imediatamente excluída da avaliação posterior.

Uma vez que o objeto de estudo deste trabalho são pedreiras já implantadas considerou-se que apenas as características que não poderiam sofrer alterações posteriores como a proximidade ao oceano ou a localização estar inserida numa zona protegida constituiriam um motivo de exclusão. Assim, por exemplo, uma vez que a zona é densamente povoada as distâncias de proteção relativamente a casas ou sedes de município não foram consideradas imediatamente como exclusão, mas foram estudadas posteriormente através de uma devida ponderação.

Relativamente às distâncias de exclusão os parâmetros considerados (Tabela 4.3), previamente justificados no capítulo 3, foram estudados através da aplicação de um *buffer* a cada pedreira, correspondente à distância de exclusão referida. Caso o parâmetro avaliado se encontrasse dentro do *buffer* significa que a distância da pedreira a este é menor que a distância de exclusão e por isso será aplicada a classificação 0 caso contrário será aplicado 1 (consultar Anexo VI). Todas as pedreiras que apresentem pelo menos um parâmetro caracterizado como 0 serão imediatamente excluídas do estudo.

Tabela 4.3 – Distâncias de exclusão para construção de aterros de resíduos sólidos de acordo com determinadas estruturas ou características existentes.

<b>Estrutura ou Característica</b>		<b>Distâncias de exclusão</b>
<b>Aeroportos</b>	Aeroporto Humberto Delgado e Base Aérea nº6 (localizada no Montijo)	0 – 3000 m a partir dos limites da pista
<b>Falhas geológicas</b>	Falhas ativas ou potencialmente ativas	0 – 2000 metros
<b>Topografia</b>	Cotas elevadas	≥ 500 metros de altitude
<b>Acessos</b>	Caminhos de ferro	0 – 30 metros
	Cabos de Alta Tensão	0 – 30 metros
<b>Áreas Residenciais</b>	Parques públicos	0 – 300 metros
<b>Hidrologia e Hidrogeologia</b>	Rios ou canais	0 – 100 metros
	Lagoas ou Albufeiras	0 – 300 metros
	Estuários ou Oceano	0 – 500 metros
	Planícies aluviais	Toda a área
	Poços de captação de água para abastecimento da rede pública	0 – 350 metros
<b>Ecologia</b>	Áreas protegidas segundo o Instituto da Conservação, da Natureza e das Florestas (ICNF)	Toda a área
<b>Área disponível</b>	Área sem qualquer construção visível	< 2,5 hectares adicionais à depressão

Como já foi referido cada parâmetro foi estudado em particular para cada pedreira e as relações obtidas que posteriormente levaram à classificação final apresentam-se no Anexo VI.

No caso da pedra se encontrar recuperada ou com plano de recuperação já em execução foi atribuída a classificação 0. Todos os outros estados de exploração foram considerados para avaliação posterior pois, mesmo que no presente ainda possa existir exploração, futuramente terá de ser dada como terminada e o armazenamento de resíduos sólidos pode ser tido em consideração no plano de recuperação da pedra, que deve ser aprovado antes do início da exploração e, caso se verifique necessidade, pode ser alterado durante a mesma.

Neste trabalho foram consideradas as falhas ativas de acordo com a classificação seguida por Cabral (1995), ou seja, aquelas que apresentam evidências de deformação nos últimos 2 Ma. Na Península de Setúbal e região próxima são documentadas duas falhas deste tipo, a falha do Vale Inferior do Tejo e a falha do Pinhal Novo. Apesar de alguns autores considerarem o prolongamento da falha do Vale Inferior do Tejo (Figura 4.6) pela plataforma continental, não são observadas evidências morfológicas de um prolongamento desta para sudoeste do Mar da Palha (Cabral, 1995) pelo que não foi considerada nesta análise. Assim, a única falha ativa considerada foi a falha do Pinhal Novo (Figura 4.6) que, apesar de se encontrar fracamente documentada, mostra evidências de atividade neotectónica (Moniz, 2010). É ainda descrito um sistema de microfalhas levantado em taludes de cinco areeiros localizados na Vala de Santa Marta (Santa Marta de Corroios - Carrascos) cuja disposição sugere a presença, em profundidade, de acidentes tectónicos de tipo *upthrust* (Cabral, 1995). Devido à escassa informação, este sistema de microfalhas não foi considerado para exclusão de pedreiras, aconselha-se, no entanto, o seu estudo mais pormenorizado em possíveis considerações posteriores.



Figura 4.6 - Falhas ativas documentadas na região: (1) Falha do Vale Inferior do Tejo, *pro parte*, e (2) Falha do Pinhal Novo (adaptado de IGME, 2015).



Relativamente à topografia a pedreira que se encontra a cota mais elevada é a pedreira Rego de Água II (263 metros acima do nível médio do mar) o que significa que todas as pedreiras estão dentro da restrição de cota inferior a 500 metros sendo por isso atribuída a classificação 1 (Anexo VI).

Na escolha de um local para um aterro de resíduos é importante ter em conta a inclinação do terreno, aqueles que apresentem inclinação superior a 20º não devem ser considerados para o projeto uma vez que poderia contribuir para a instabilidade dos resíduos e facilitar o transporte de lixiviados. No entanto, como no caso em estudo a topografia original já foi alterada este fator não será tido em conta pois mesmo que o terreno envolvente apresente uma inclinação superior, a depressão resultante da exploração contribui para a futura estabilidade dos resíduos.

Uma vez que neste trabalho não foi possível realizar os estudos exigidos no DL n.º 382/99 de 22 de Setembro de forma a obter o raio de proteção alargado do aterro e tendo em conta as características de exploração do aquífero que estão descritas no capítulo seguinte, considerou-se que este é um sistema aquífero do tipo 1 (sistema aquífero confinado cujo suporte litológico é constituído por formações porosas) o que se traduz num raio de proteção alargado mínimo de 350 metros relativamente ao poço (Decreto-Lei n.º 382/99 de 22 de Setembro, 1999). De forma a estudar o sistema aquífero foram identificados os furos de captação para abastecimento público existentes na região em análise (Figura 4.7) e foi aplicado um buffer de 350 metros.

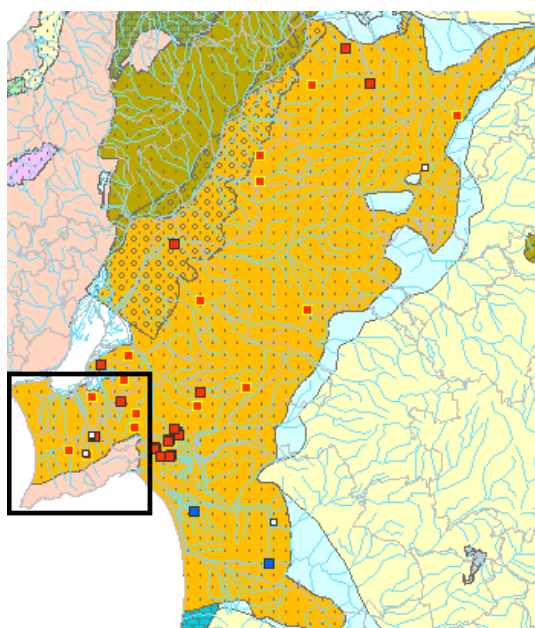


Figura 4.7 – Furos de captação de água destinada a abastecimento público dos aquíferos da zona T3 – Bacia do Tejo Sado/Margem Esquerda, com a zona em estudo evidenciada (adaptado de <http://snirh.apambiente.pt/37dequ.php>).

Na área em estudo existem cinco zonas pertencentes à Rede Nacional de Áreas Protegidas definidas pelo ICNF: a Arriba Fóssil da Costa da Caparica (paisagem protegida); a Pedra da Mua, Lagosteiros e a Pedreira do Avelino (monumentos naturais) e o Parque Natural da Arrábida.

Todas as pedreiras que se encontravam localizadas em qualquer uma destas áreas foram excluídas do estudo.

Todas as pedreiras têm imediatamente junto à depressão resultante da exploração uma área de terreno sem qualquer construção superior a 2,5 hectares o que possibilita a construção das infraestruturas necessárias ao funcionamento de um aterro. Observam-se duas exceções, as pedreiras 21 (Pinhal do Catelas) e 30 (Pinhal Conde da Cunha 3), no entanto, existe uma antiga pedreira nas imediações que está a ser utilizada como aterro de resíduos urbanos já existindo, por isso, todas as instalações de apoio necessárias que poderiam posteriormente servir também para estas.

*Descrição das pedreiras que não apresentam qualquer critério de exclusão*

Após a aplicação de todos os critérios de exclusão as pedreiras que não apresentaram qualquer contradição a estes e, conseqüentemente, transitaram para a etapa seguinte do estudo estão representadas na Tabela 4.4 juntamente com as suas principais características.

Tabela 4.4 – Pedreiras que se encontram aptas para a segunda fase do estudo de adequabilidade e principais características.

Referência	Nome	Tipo de exploração	Concelho	Perímetro	Área
<b>Pedreira 10</b>	Sargal n.º 1	Areias	Setúbal	2 799	481 582
<b>Pedreira 18</b>	Antigo Areeiro J. Caetano	Areias	Seixal	1 814	149 109
<b>Pedreira 20</b>	Quinta da Aniza	Areias	Seixal	750	29 503
<b>Pedreira 21</b>	Vale de Milhaços	Areias	Seixal	1 781	163 321
<b>Pedreira 22</b>	Santa Marta de Corroios	Areias	Seixal	1 862	208 702
<b>Pedreira 23</b>	Pinhal do Catelas	Areias	Seixal	3 032	444 347
<b>Pedreira 30</b>	Pinhal Conde da Cunha 3	Areias	Seixal	1 428	92 982
<b>Pedreira 31</b>	Pinhal Conde da Cunha 4	Areias	Seixal	1 184	90 671
<b>Pedreira 33</b>	Brejos da Palmeira n.º 2	Areias	Seixal	1 740	134 391
<b>Pedreira 35</b>	Herdade da Biscaia n.º 1	Areias comuns	Palmela	795	36 013
<b>Pedreira 36</b>	Herdade da Biscaia n.º 2	Areias comuns	Palmela	1 841	180 801
<b>Pedreira 38</b>	Casalão	Calcários	Sesimbra	652	25 949

A localização das pedreiras submetidas a avaliação na segunda fase do estudo apresenta-se na Figura 4.8.

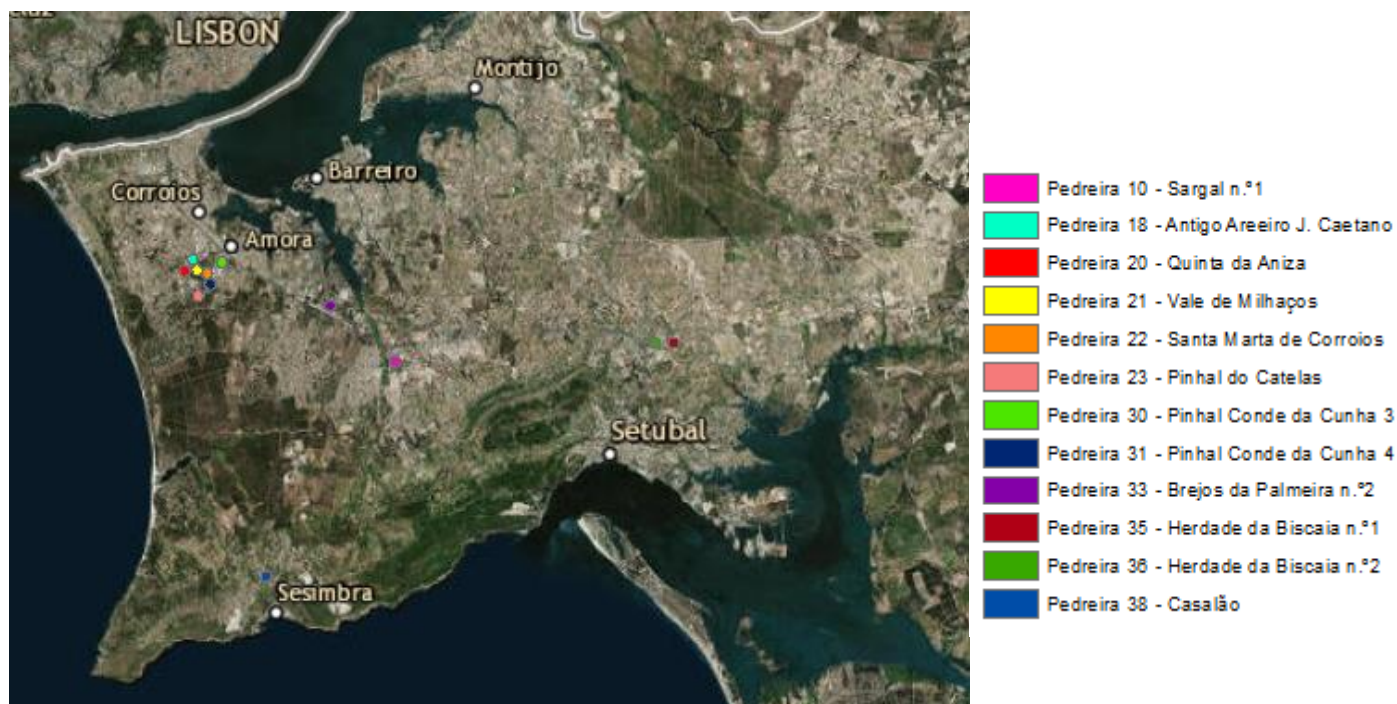


Figura 4.8 – Localização geográfica das pedreiras submetidas à segunda etapa do estudo.

O aspeto de cada pedreira e respetivo enquadramento geológico encontram-se apresentados nas figuras 4.9 a 4.20.

#### Pedreira 10 – Sargal n.º 1

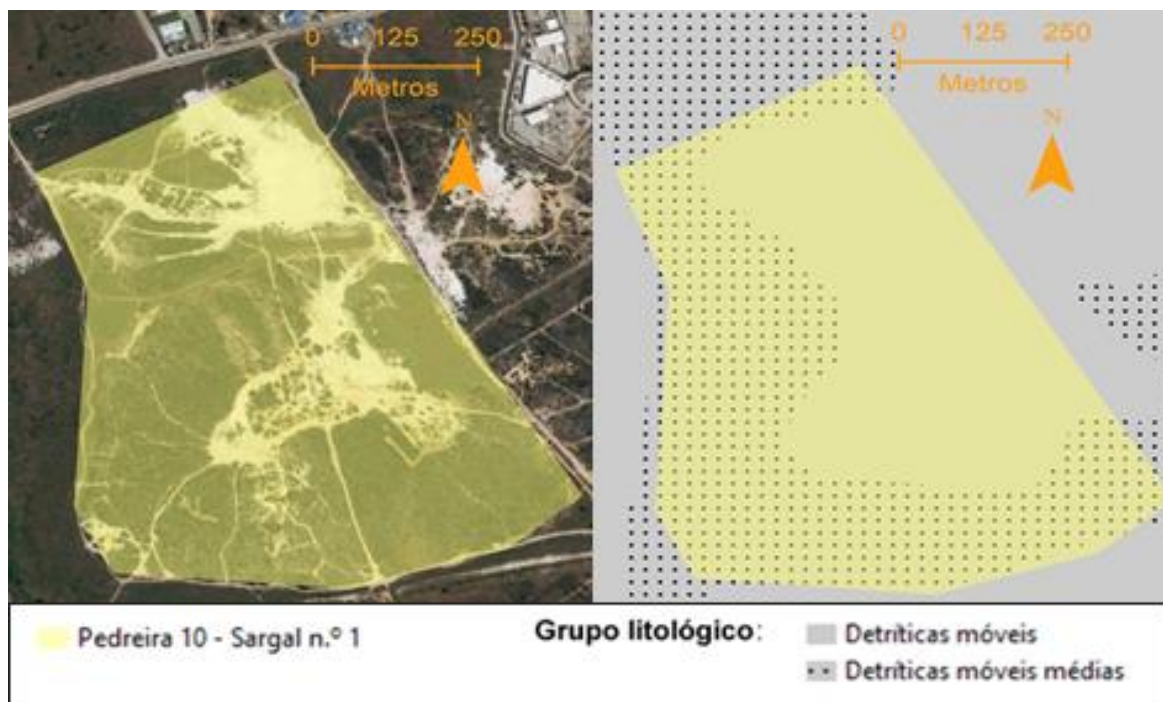


Figura 4.9 - Pedreira 10 (Sargal n.º 1), localização (à esquerda) e grupos geológicos identificados no local (à direita) (adaptado de Costa *et al.* 2007).



#### Pedreira 18 – Antigo Areeiro J. Caetano

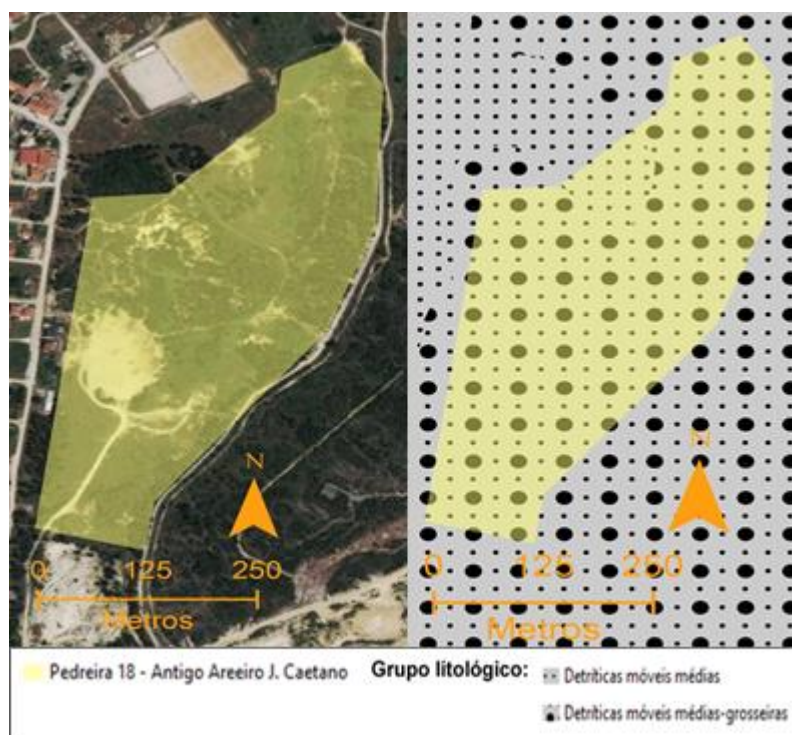


Figura 4.10 – Pedreira 18 (Antigo Areeiro J. Caetano), localização (à esquerda) e grupos geológicos identificados no local (à direita) (adaptado de Costa *et al.* 2007).

#### Pedreira 20 – Quinta da Aniza

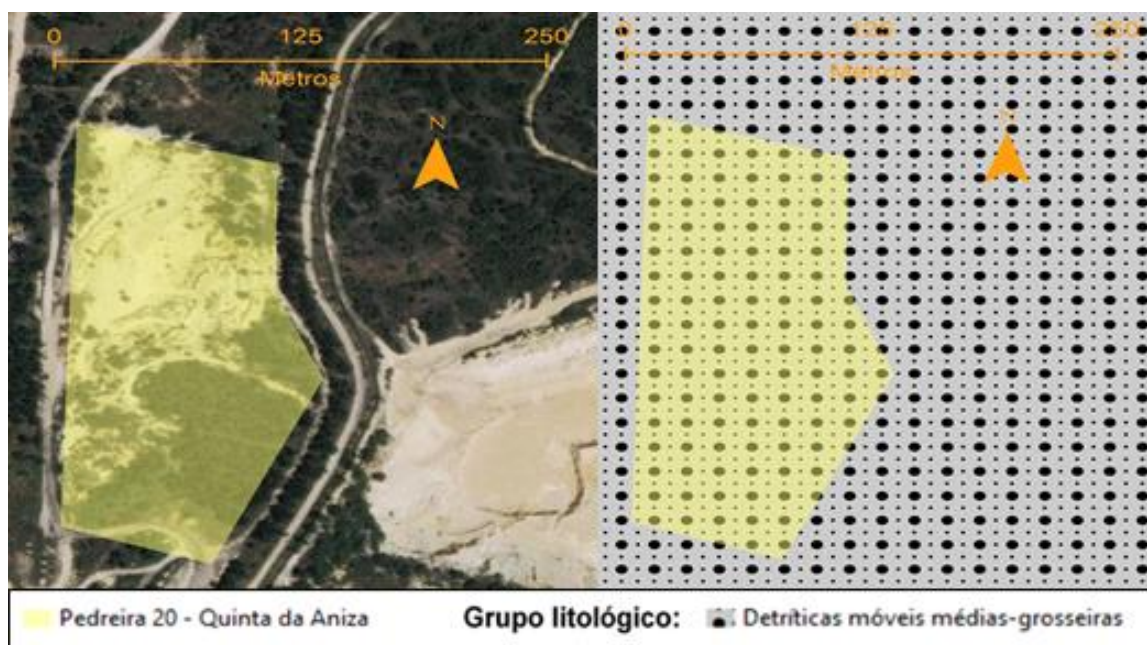


Figura 4.11 - Pedreira 20 (Quinta da Aniza), localização (à esquerda) e grupos geológicos identificados no local (à direita) (adaptado de Costa *et al.* 2007).

#### Pedreira 21 – Vale de Milhaços

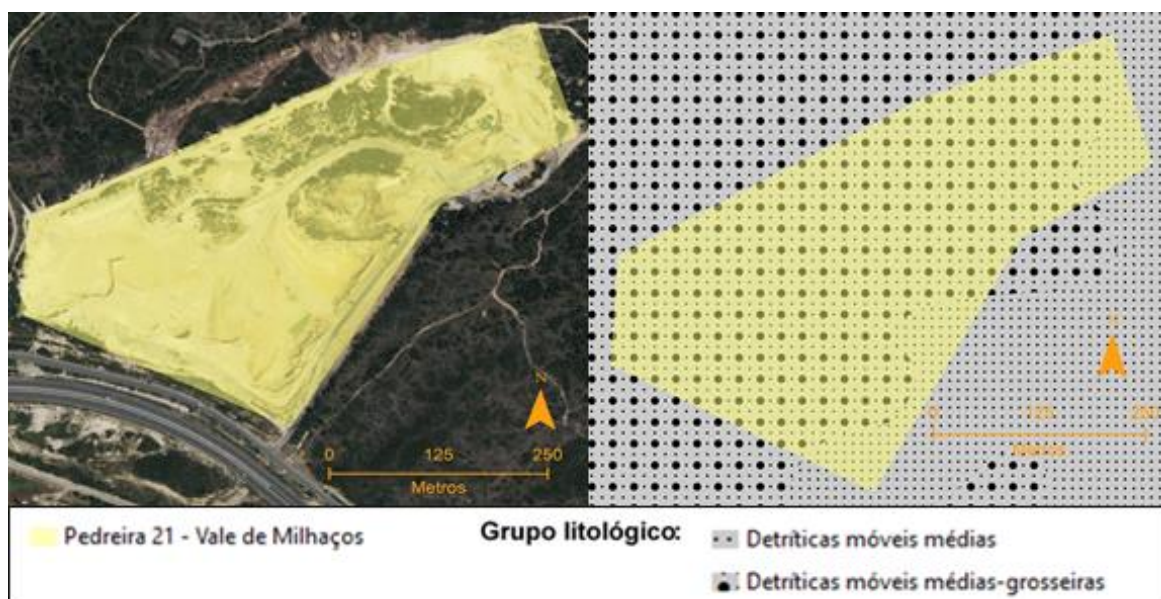


Figura 4.12 - Pedreira 21 (Vale de Milhaços), localização (à esquerda) e grupos geológicos identificados no local (à direita) (adaptado de Costa *et al.* 2007).

#### Pedreira 22 – Santa Marta de Corroios

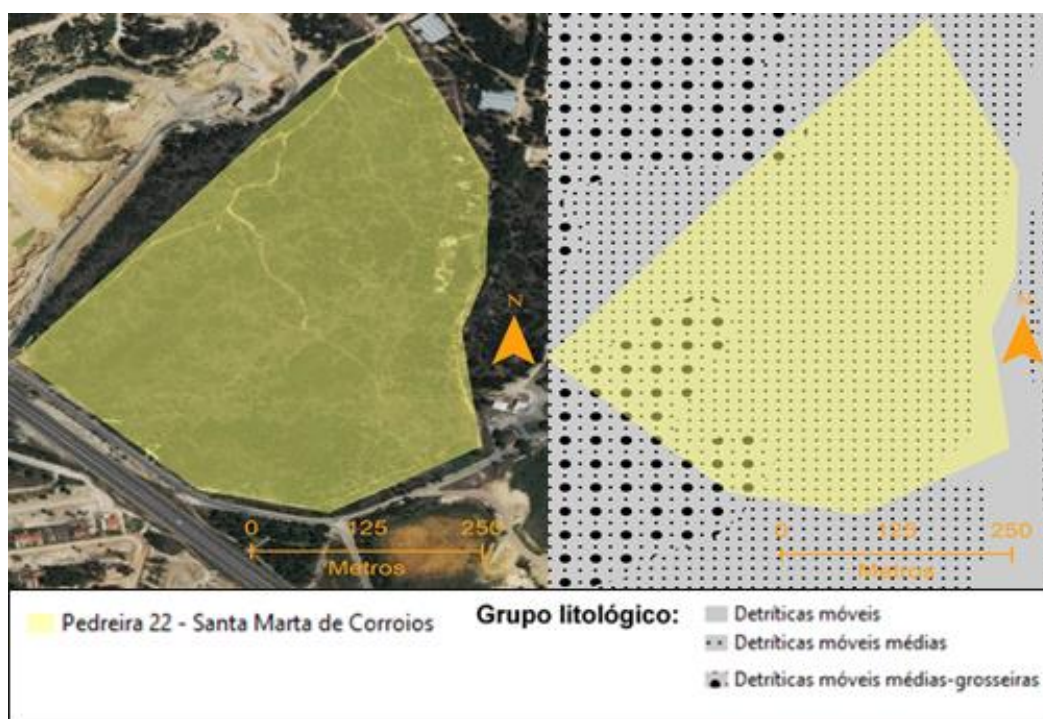


Figura 4.13 - Pedreira 22 (Santa Marta de Corroios), localização (à esquerda) e grupos geológicos identificados no local (à direita) (adaptado de Costa *et al.* 2007).



#### Pedreira 23 – Pinhal do Catelas

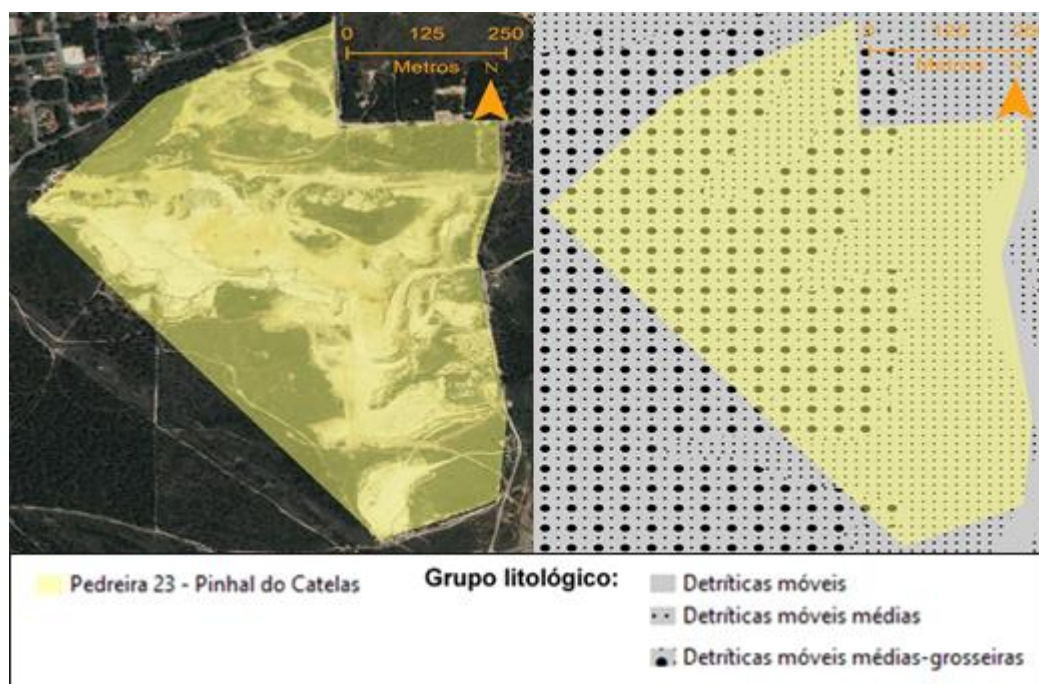


Figura 4.14 - Pedreira 23 (Pinhal do Catelas), localização (à esquerda) e grupos geológicos identificados no local (à direita) (adaptado de Costa *et al.* 2007).

#### Pedreira 30 – Pinhal Conde da Cunha 3

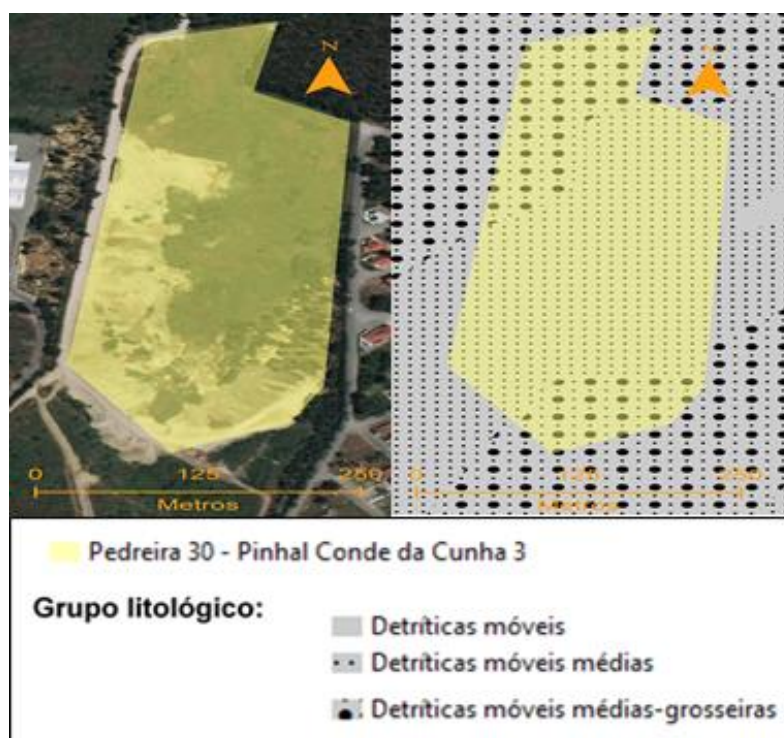


Figura 4.15 - Pedreira 30 (Pinhal Conde da Cunha 3), localização (à esquerda) e grupos geológicos identificados no local (à direita) (adaptado de Costa *et al.* 2007).

#### Pedreira 31 – Pinhal Conde da Cunha 4

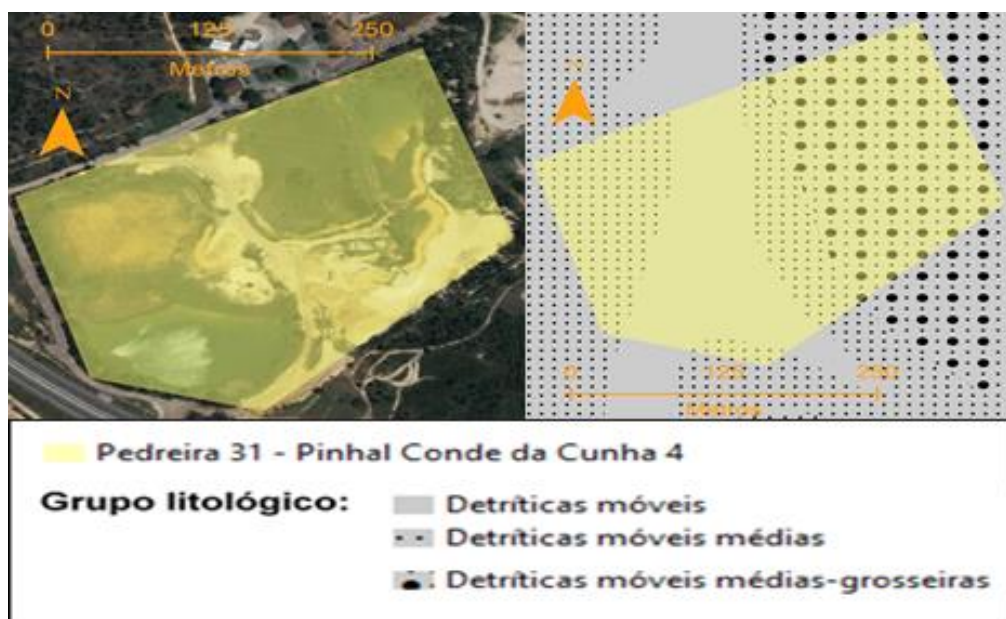


Figura 4.16 - Pedreira 31 (Pinhal Conde da Cunha 4), localização (à esquerda) e grupos geológicos identificados no local (à direita) (adaptado de Costa *et al.* 2007).

#### Pedreira 33 – Brejos da Palmeira 3

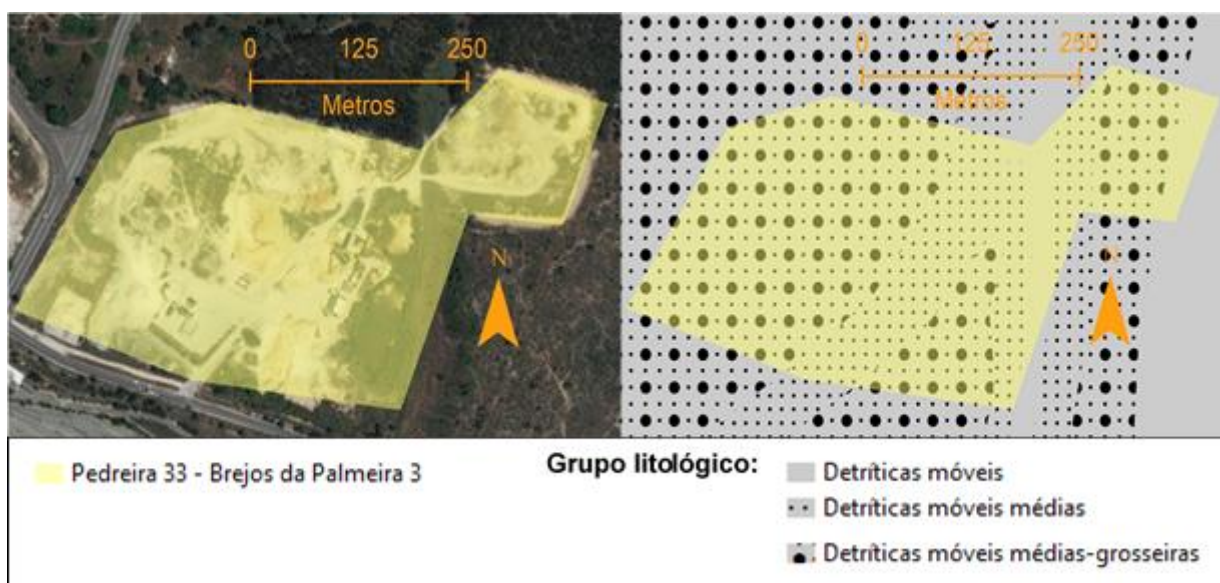


Figura 4.17 - Pedreira 33 (Brejos da Palmeira 3), localização (à esquerda) e grupos geológicos identificados no local (à direita) (adaptado de Costa *et al.* 2007).



**Pedreira 35 Herdade da -Biscaia n.º 1**

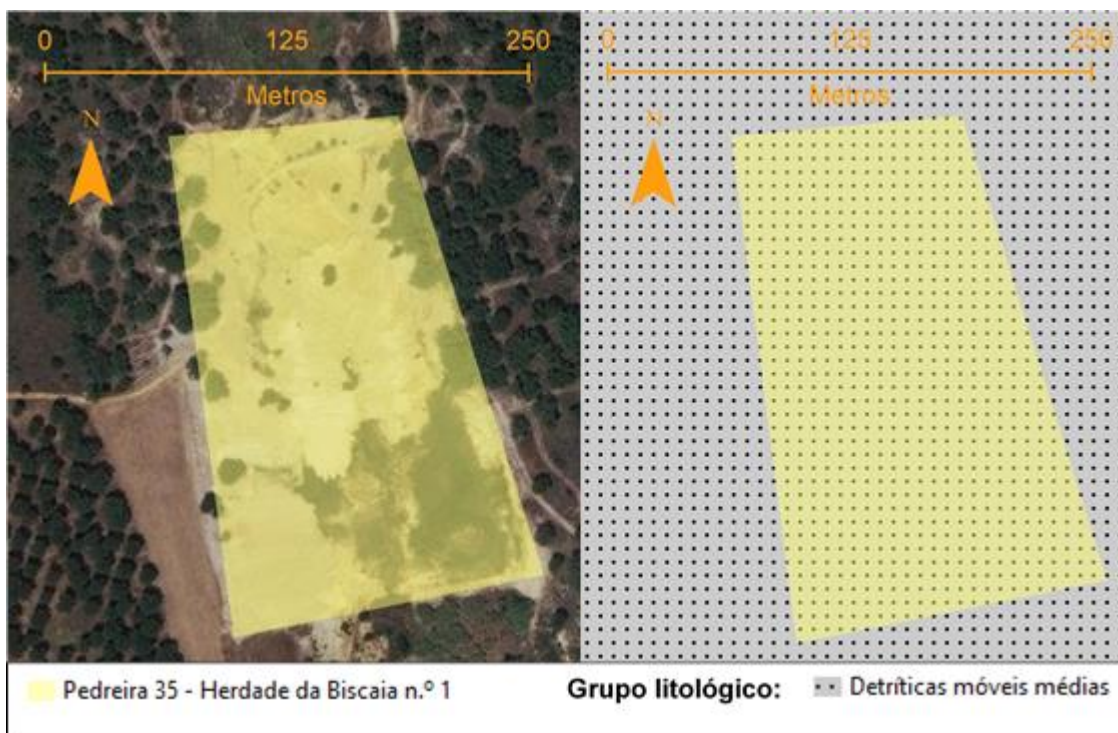


Figura 4.18 - Pedreira 35 (Herdade da Biscaia n.º 1), localização (à esquerda) e grupos geológicos identificados no local (à direita) (adaptado de Costa *et al.* 2007).

**Pedreira 36 – Herdade da Biscaia n.º 2**

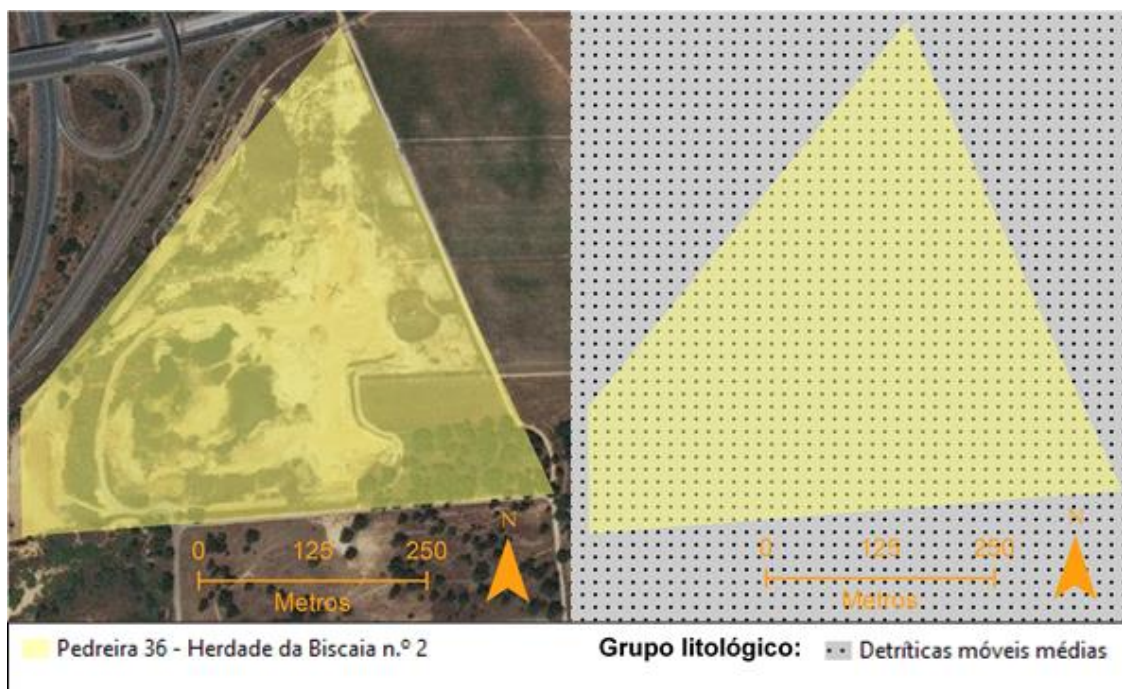


Figura 4.19 - Pedreira 36 (Herdade da Biscaia n.º 2), localização (à esquerda) e grupos geológicos identificados no local (à direita) (adaptado de Costa *et al.* 2007).



### Pedreira 38 – Casalão

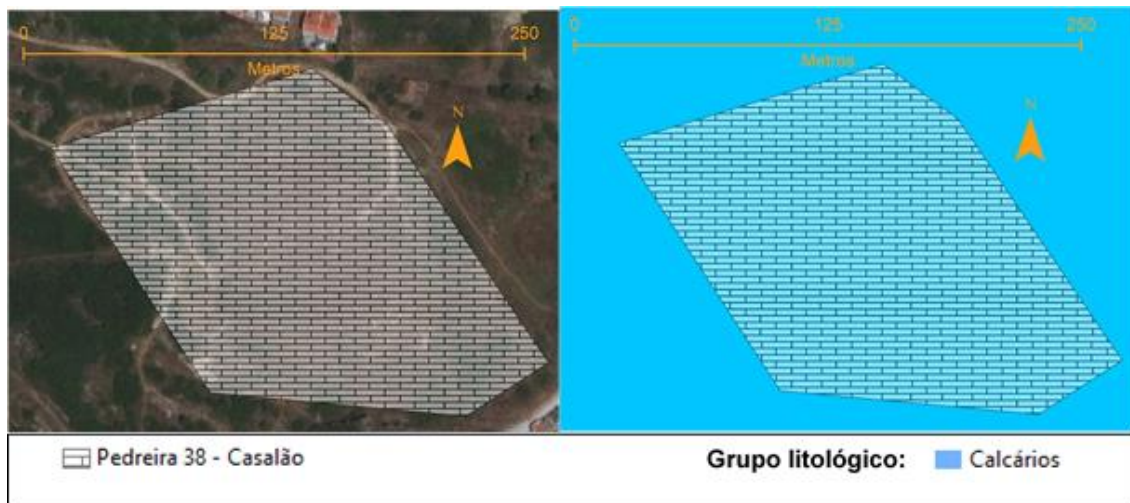


Figura 4.20 - Pedreira 38 (Casalão), localização (à esquerda) e grupos geológicos identificados no local (à direita) (adaptado de Costa *et al.* 2007).

#### *Segunda fase do estudo – Aplicação de indicadores de preferência*

A segunda fase deste estudo consistiu na aplicação de uma classificação numérica para cada parâmetro estudado de forma a obter uma hierarquia de pedreiras baseada na maior ou menor aptidão para receber resíduos sólidos. Neste ponto será atribuída uma classificação através de um valor numérico entre 1 e 5 relativamente a cada parâmetro apresentado pela pedreira, em que 1 corresponde a uma característica que se irá refletir numa menor aptidão para receber resíduos sólidos e 5 uma aptidão excelente para a mesma finalidade. Para além desta atribuição de valor numérico será também dado um peso a cada parâmetro de forma a obter cenários de hierarquização diferentes consoante as diferentes ponderações atribuídas.

A classificação final da pedreira será definida através da aplicação da seguinte fórmula:

$$\text{Grau de adequabilidade da pedreira} = \sum_{i=1}^n (C_i * P_i) \quad (\text{Equação 1})$$

Em que  $C_i$  representa a classificação (valor numérico) atribuída ao parâmetro  $i$  apresentado pela pedreira e  $P_i$  o peso desse parâmetro  $i$  para cálculo da ponderação final.

No total foram avaliados 14 parâmetros agrupados em 4 principais categorias: hidrogeologia, distâncias a povoações e estruturas, geologia do maciço e características das áreas estudadas como possíveis zonas de empréstimo (Tabela 4.5).

Tabela 4.5 – Parâmetros, e respetiva categoria, avaliados para cada pedreira.

<b>Categoria</b>	<b>Parâmetro</b>
<b>Hidrogeologia</b>	Profundidade do nível freático
	Qualidade da água no aquífero subjacentemente à pedreira
<b>Distâncias</b>	População (densidade superior a 10 habitações)
	Casa isolada
	Indústria
	Sede de concelho
	Sede de distrito
	Autoestradas
	Estradas nacionais
	Estradas Municipais
<b>Geologia do maciço</b>	Coeficiente de permeabilidade
	Grupo litológico
<b>Zonas de empréstimo</b>	Grau de escavabilidade do solo
	Textura do solo

### **Hidrogeologia**

Como foi referido anteriormente o local é tanto mais adequado quanto maior for a profundidade a que se localiza o nível de água subjacentemente. Analisando a Figura 4.21 verifica-se que a profundidade do nível piezométrico do sistema aquífero se encontra entre 1.1 metros e 130.8 metros não existindo dados da área mais a Sul uma vez não existem furos pertencentes à rede de controlo de piezometria nesta zona (SNIRH, sem data).

Foi assim necessário analisar este parâmetro individualmente para cada pedreira cruzando o mapa da Figura 4.21 com a respetiva localização e com o valor da profundidade média do nível de água no ano hidrológico 2016/2017 registada no poço pertencente à rede piezométrica mais próximo, disponível na mesma fonte.

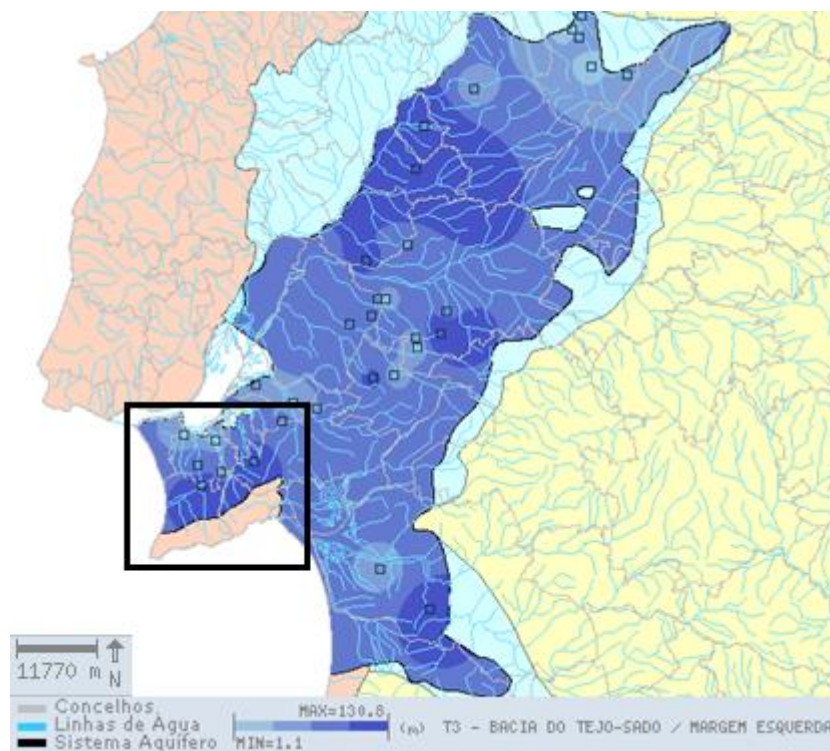


Figura 4.21 - Profundidade média do nível de água no ano hidrológico 2017/2018 (fonte: [http://snirh.apambiente.pt/snirh/\\_dadossintese/agsub/pontosagua](http://snirh.apambiente.pt/snirh/_dadossintese/agsub/pontosagua)).

Segundo Şener (2004) é desaconselhável construir aterros em locais cuja profundidade piezométrica seja inferior a 15 metros e, caso a mesma seja superior a 60 metros, considera-se o local altamente adequado relativamente a este parâmetro. Tendo em conta estes dados recorreu-se à distribuição dos respetivos valores de classificação através da escala presente na Tabela 4.6. De forma conservadora, às pedreiras localizadas em zona sem informação relativa à profundidade piezométrica foi atribuído o peso 1.

Tabela 4.6 – Relação entre a profundidade piezométrica subjacentemente a cada pedreira e respetiva adequabilidade para a receção de resíduos.

Profundidade piezométrica	Classificação	Pedreiras
0 a 14,9 metros	1	38
15 a 29,9 metros	2	10; 35; 36
30 a 44,9 metros	3	18; 20; 21; 22; 23; 30; 31; 33
45 a 59,9 metros	4	-
Superior a 60 metros	5	-

A qualidade da água no aquífero é controlada através dos poços pertencentes à rede qualidade. Na página do SNIRH os dados relativos a este parâmetro estão agrupados segundo quatro classes de qualidade baseada nos tipos de sólidos dissolvidos identificados em amostras de cada poço no ano de 2015. A distribuição representada na Tabela 4.7 teve por base estes critérios, no entanto, apenas dois dos poços da rede qualidade com dados disponíveis estão

próximos o suficiente das pedreiras em estudo para poderem ser relacionados com estas. Como foi referido, a exploração para consumo público ocorre em zonas profundas do aquífero o que dificulta a migração de contaminantes, permitindo optar por uma abordagem menos conservadora. A classificação deste parâmetro é inversamente proporcional à identificação de potenciais contaminantes na água, ou seja, considera-se que um local onde a qualidade da água já se encontra comprometida é mais adequado para a implementação de um aterro de resíduos sólidos pois assim não existe o problema de posterior contaminação de uma captação de água de elevada qualidade.

Tabela 4.7 – Relação entre a qualidade da água do aquífero subjacentemente a cada pedreira e respetiva adequabilidade para a receção de resíduos (adaptado de [http://snirh.apambiente.pt/snirh/\\_dadossintese/agsub/48dequabilidad\\_sa](http://snirh.apambiente.pt/snirh/_dadossintese/agsub/48dequabilidad_sa)).

<b>Quantidade e tipo de sólidos dissolvidos</b>	<b>Classificação</b>	<b>Pedreiras</b>
Nenhum contaminante identificado	1	-
Sem dados	2	10; 18; 20; 21; 22; 23; 30; 31; 33; 35; 36; 38
Identificado pelo menos um contaminante	3	01; 02; 03 (já excluídas do estudo)
Identificados vários contaminantes	4	35; 36
Identificados vários contaminantes perigosos	5	-

#### **Distâncias às zonas habitacionais e vias de comunicação**

Apesar de na literatura se considerar a distância entre a possível localização de um aterro e áreas residenciais como uma distância de exclusão, neste estudo este parâmetro foi tratado através de uma ponderação uma vez que se trata de uma zona amplamente habitada e as pedreiras já se encontrarem instaladas não sendo possível alterar o local em função das condições ideais.

As distâncias consideradas (Tabela 4.8) foram adaptadas da bibliografia para a escala utilizada neste trabalho (escala de 1 a 5, em que 1 representa a distância próxima e 5 a distância mais afastada). Partindo do limite da pedreira analisou-se, através da utilização de SIG, o perímetro correspondente a cada distância considerada, caso se verificasse a ocorrência do parâmetro em avaliação, a pedreira seria classificada com o valor numérico respetivo a essa distância, caso contrário, seria analisado o perímetro seguinte até à maior distância considerada, que representa a condição ideal.

Tabela 4.8 – Distâncias de cada pedreira a habitações, indústrias e aglomerados populacionais e respetiva classificação da adequabilidade para a receção de resíduos.

	<b>Distâncias</b>	<b>Classificação</b>	<b>Pedreiras</b>
<b>Povoação</b>	Até 125 metros	1	18; 20; 30; 38
	Até 250 metros	2	22; 23
	Até 375 metros	3	21; 31; 33
	Até 500 metros	4	-
	Superior a 500 metros	5	10; 35; 36
<b>Casa isolada</b>	Até 125 metros	1	18; 20; 22; 23; 30; 38
	Até 250 metros	2	21
	Até 375 metros	3	36; 33; 31
	Até 500 metros	4	35
	Superior a 500 metros	5	10
<b>Indústria</b>	Até 125 metros	1	10; 18; 22; 23; 33; 36; 38
	Até 250 metros	2	20; 21; 30; 31
	Até 375 metros	3	-
	Até 500 metros	4	35
	Superior a 500 metros	5	-
<b>Sede de concelho</b>	Até 625 metros	1	-
	Até 1250 metros	2	38;
	Até 1875 metros	3	-
	Até 2500 metros	4	10
	Superior a 2500 metros	5	18; 20; 21; 22; 23; 30; 31; 33; 35; 36
<b>Sede de distrito</b>	Até 1250 metros	1	-
	Até 2500 metros	2	-
	Até 3750 metros	3	-
	Até 5000 metros	4	35; 36
	Superior a 5000 metros	5	10; 18; 20; 21; 22; 23; 30; 31; 33; 38

Como já foi justificado, da mesma forma que as pedreiras já se encontram implantadas, as vias de comunicação também já estão instaladas em determinadas zonas e os impactes relativos ao funcionamento das pedreiras já são sentidos. Por este motivo, a distância entre as pedreiras e estas estruturas não foi considerada como distância de exclusão, mas a sua influência na escolha final foi tratada através de uma ponderação (Tabela 4.9).

Tabela 4.9 – Distâncias de cada pedreira a autoestradas, estradas nacionais e estradas municipais e respetiva adequabilidade para a receção de resíduos.

	<b>Distâncias</b>	<b>Classificação</b>	<b>Pedreiras</b>
<b>Autoestrada</b>	Até 75 metros	1	20; 21; 22; 31; 36
	Até 150 metros	2	-
	Até 225 metros	3	23; 33
	Até 300 metros	4	-
	Superior a 300 metros	5	10; 18; 30; 35; 38
<b>Estrada nacional</b>	Até 25 metros	1	-
	Até 50 metros	2	-
	Até 75 metros	3	10
	Até 100 metros	4	-
	Superior a 100 metros	5	18; 20; 21; 22; 23; 30; 31; 33; 35; 36; 38
<b>Estrada municipal</b>	Até 7,5 metros	1	10; 18; 22; 31
	Até 15 metros	2	20; 30; 33
	Até 22,5 metros	3	36; 38
	Até 30 metros	4	-
	Superior a 30 metros	5	21; 23; 35

### Geologia Local

A geologia local representa talvez a característica mais importante na escolha do local a implantar um aterro de resíduos. A adequabilidade do local relativamente a esta propriedade será definida, essencialmente, através das características de permeabilidade do maciço visando a sua proteção e dos depósitos de água subterrâneos imediatamente subjacentes e numa área de proteção circundante definida por lei. Apesar da sua elevada importância, de acordo com determinados autores, esta característica não é limitante na escolha do local uma vez que é possível, até que seja financeiramente sustentável, implementar medidas de proteção do maciço de forma a complementar as características naturais menos favoráveis.

Tratando-se de pedreiras, o possível aterro assentará diretamente no maciço, uma vez que já foi realizada a escavação de todo o solo de forma a alcançar o material pretendido, por isso nesta análise foi considerado o tipo de rocha explorado durante o período de exploração suplementado pela informação obtida em Costa *et al.* (2007) (Tabela 4.10).

Tabela 4.10 – Classificação litológica e geotécnica dos terrenos (rochas e solos) existentes no local onde foi implementada cada pedreira (adaptado de Costa *et al.*, 2007).

<b>Pedreira</b>	<b>Grupo Litológico</b>	<b>Classificação Proto Geotécnica</b>
10	Rochas detríticas móveis grosseiras	Solos consolidados e não consolidados heterogêneos
18	Rochas detríticas móveis médias a grosseiras	Solos consolidados e não consolidados heterogêneos
20	Rochas detríticas móveis médias a grosseiras	Solos não consolidados heterogêneos
21	Rochas detríticas móveis médias a grosseiras	Solos não consolidados heterogêneos
22	Rochas detríticas móveis médias	Solos consolidados e não consolidados heterogêneos
23	Rochas detríticas móveis médias a grosseiras	Solos consolidados e não consolidados heterogêneos
30	Rochas detríticas móveis médias a grosseiras	Solos consolidados e não consolidados heterogêneos
31	Rochas detríticas móveis médias a grosseiras	Solos consolidados e não consolidados heterogêneos
33	Rochas detríticas móveis médias a grosseiras	Solos consolidados e não consolidados heterogêneos
35	Rochas detríticas móveis médias	Solos consolidados
36	Rochas detríticas móveis médias	Solos consolidados
38	Rochas carbonatadas (calcários)	Solos consolidados heterogêneos

Relativamente ao tipo litológico constituinte do maciço, as rochas carbonatadas apresentam diversas características desfavoráveis à implementação de um aterro de resíduos sólidos como sejam a elevada solubilidade que pode levar à formação de cavidades cársticas constituindo uma potencial fraqueza estrutural podendo, em casos extremos, levar ao colapso do aterro. Por outro lado, no grupo de locais geologicamente constituídos por rochas detríticas considerou-se que a adequabilidade para a receção de resíduos sólidos era tanto maior quando mais finas fossem as partículas constituintes das rochas. Uma unidade constituída por partículas detríticas grosseiras pressupõe um menor arranjo estrutural refletindo-se em maior porosidade o que contribui para o aumento da permeabilidade do maciço ao contrário de uma rocha constituída por partículas mais finas. Assim, de acordo com a classificação dos grupos litológicos que serviu de base para a Tabela 4.10 foi definida a aptidão de cada pedreira de acordo com este parâmetro (Tabela 4.11).

Tabela 4.11 – Classificação dos grupos litológicos em função da adequabilidade para a receção de resíduos.

Grupo Litológico	Classificação	Pedreiras
Rochas carbonatadas (calcários)	1	38
Rochas detríticas móveis grosseiras	2	10
Rochas detríticas móveis médias a grosseiras	3	18; 20; 23; 31; 33
Rochas detríticas móveis médias	4	22; 35; 36
Rochas detríticas móveis finas a médias	5	-

De forma a aumentar a proteção dos recursos naturais o local será tanto mais adequado quanto menor for a permeabilidade do maciço rochoso. Neste estudo, considerou-se o valor padrão de coeficiente de permeabilidade à água do tipo de rocha de cada pedreira obtido através de ensaios laboratoriais. De notar que para o mesmo tipo de rocha o coeficiente de permeabilidade pode apresentar variações de várias ordens de grandeza de acordo, essencialmente, com a porosidade, fracturação e grau de alteração da mesma (Rocha, 2013). Este facto evidencia a necessidade de realizar diversos ensaios de permeabilidade *in situ* relativamente à água, gás e lixiviados.

De acordo com Rocha (2013), o coeficiente de permeabilidade dos solos constituídos por areias varia entre  $10^{-3}$  a  $7,5 \times 10^{-2}$  cm/s enquanto que o mesmo parâmetro em calcários é de  $1,0 \times 10^{-6}$  cm/s (consultar Anexo VII). O peso será distribuído de igual forma pelos intervalos de valores do coeficiente de permeabilidade presentes no anexo referido atribuindo um valor mais baixo a maiores coeficientes de permeabilidade pois representaram de forma generalista uma maior probabilidade de determinado tipo de maciço ser permeável à água e outros fluídos (Tabela 4.12).

Tabela 4.12 – Classificação em função do coeficiente de permeabilidade (k) do maciço rochoso e respetiva adequabilidade para a receção de resíduos.

Coeficiente de permeabilidade (k) [cm/s]	Classificação	Pedreiras
$1,0 \times 10^{-3}$ a $7,5 \times 10^{-2}$	1	10; 18; 20; 21; 22; 23; 30; 31; 33; 35; 36
$1,0 \times 10^{-5}$ a $1,0 \times 10^{-4}$	2	-
$1,0 \times 10^{-7}$ a $1,0 \times 10^{-6}$	3	38
$1,0 \times 10^{-9}$ a $1,0 \times 10^{-8}$	4	-
$1,0 \times 10^{-11}$ a $1,0 \times 10^{-10}$	5	-



Segundo as condições impostas pelo DL 183/2009 (consultar Tabela 3.1) e analisando os dados considerados na Tabela 4.12 relativamente às condições de permeabilidade, apenas a pedreira 38 poderia ser considerada, unicamente, para depósito de resíduos inertes. No entanto, estes dados devem ser verificados através de ensaios de campo e o mesmo documento define que caso a barreira geológica não cumpra os requisitos deve ser complementada e reforçada artificialmente por outros meios ou materiais que assegurem uma proteção equivalente; por este motivo esta condição não levou à exclusão de qualquer pedreira.

Durante a operação do aterro é necessário recorrer diariamente a uma camada de cobertura à base de solo e na fase de encerramento todo o depósito é coberto pelo mesmo tipo de material. Um solo ideal para ser utilizado em aterros deve ter capacidade de carga suficiente para suportar os resíduos que serão depositados posteriormente e a movimentação dos equipamentos, permeabilidade moderadamente baixa, pH igual ou superior a 5, baixo potencial de erosão e elevada capacidade de troca catiónica (Şener, 2004).

Como já foi referido, tratando-se de uma pedreira os locais em estudo já não apresentam solo disponível. Por este motivo foram analisadas as características de uma mancha de solo considerada de dimensão suficiente para poder ser utilizada como área de empréstimo na proximidade da pedreira, de notar que não foi considerado o uso atual da área apenas que se trata de uma mancha de solo disponível. Esta pesquisa estendeu-se até uma distância máxima de 5 quilómetros a partir dos limites de exploração de forma a evitar um custo adicional de transporte demasiado elevado.

De forma geral é possível hierarquizar a aptidão dos solos para o fim pretendido segundo as características texturais dos mesmos. Como se pode verificar na Tabela 4.13 considera-se que solos constituídos por partículas mais finas apresentam uma maior aptidão que solos uniformes de maiores dimensões. Esta relação foi elaborada com base nos dados recolhidos na possível zona de empréstimo selecionada para cada pedreira, tendo em conta que a maioria dos solos são arenosos a distinção dentro destes foi apoiada pelas características do grupo litológico referido na mesma tabela. Assim, todos os solos que resultam de rochas detríticas móveis grosseiras e rochas detríticas móveis médias a grosseiras foram considerados como muito arenosos e os que resultam de rochas detríticas móveis médias como arenosos. Devido às características próprias das rochas carbonatadas foi atribuído o grau de adequabilidade 1.

Tabela 4.13 – Classificação da textura do solo e respetiva adequabilidade para a utilização como solo de cobertura diária dos resíduos depositados no aterro.

Textura do solo	Classificação	Pedreiras
Muito arenosa ou solos carbonatados	1	10; 18; 20; 23; 30; 31; 33; 38
Arenosa	2	22; 35; 36
Areno-argilosa	3	-
Argilo-siltosa	4	-
Argilosa	5	-

Atendendo que a obtenção destes solos pressupõe a necessidade de escavação, é mais vantajoso que os solos apresentem um grau de consolidação *in situ* baixo de forma a diminuir os custos de extração. Baseado na classificação proto geotécnica proposta por Costa *et al.* (2007) a Tabela 4.14 apresenta a adequabilidade do solo de acordo com o parâmetro referido.

Tabela 4.14 – Classificação do tipo de solo e respetiva adequabilidade para a utilização como solo de cobertura diária dos resíduos depositados no aterro.

Tipo de solo	Grau de Escavabilidade	Classificação	Pedreiras
Rocha (sem solo de cobertura)	Baixo	1	-
Solos carbonatados consolidados	Médio	2	38
Solos arenosos consolidados	Médio	3	35;36
Mistura de solos consolidados e não consolidados (arenosos)	Alto	4	10; 18; 22; 23; 30; 31; 33
Solos não consolidados	Elevado	5	20

#### 4.4.3 Etapa 3 – Estimativa do tempo de funcionamento de um aterro de RSU em cada pedreira

Para cada pedreira submetida à avaliação de adequabilidade foi calculada a capacidade total (ou o volume possível de armazenamento) e estimado o tempo de funcionamento de um aterro de RSU de acordo com as fórmulas e condições apresentadas de seguida. Em todos os cálculos os valores intermédios e finais foram aproximados à unidade.

Uma vez que não foi possível realizar medições no local considerou-se uma profundidade média de escavação de 10 metros para todas as pedreiras pois é uma medida relativamente conservadora para explorações do tipo estudado e passível de uniformizar toda a área considerando a depressão como um sólido regular. A área foi calculada através da análise de polígonos regulares que representam a área de escavação de cada pedreira. Tendo em conta este dado, o volume calculado corresponde ao preenchimento da cavidade (considerando que apresenta uma profundidade uniforme de 10 metros) por RSU até restabelecer a topografia original o que pode ser considerado um valor conservador uma vez que é possível a deposição controlada de resíduos além desta referência. A capacidade total de armazenamento considerada para cada pedreira foi calculada através da seguinte fórmula:

$$\text{Capacidade total} = \text{Área da pedreira} \times \text{Profundidade (10 m)} \quad [\text{m}^3] \quad (\text{Equação 2})$$

Devido à redundância dos valores da profundidade e área considerados, o cálculo da capacidade total de cada pedreira não teve em consideração a influência da compactação própria de cada camada diária de cobertura. A relação entre estas camadas de cobertura e os resíduos depositados mais frequentemente adotada é de 1:5 (Tchbanoglous *et al.*, 1993); assim a capacidade ou volume de armazenamento total da pedreira para receber RSU será de 5/6 da capacidade total calculada (Equação 3).

$$\text{Capacidade de armazenamento de RSU} = \frac{5}{6} \times \text{Capacidade total} \quad [\text{m}^3] \quad (\text{Equação 2})$$

Considerou-se que cada pedreira absorve a totalidade dos resíduos enviados para aterro do concelho onde se situa e que este valor se mantém constante e igual ao registado em 2016 (Tabela 4.1), partindo do pressuposto que a tendência desejável até será de diminuição da quantidade de resíduos produzidos. Uma vez que os resíduos sofrem compactação, o total de resíduos de cada concelho foi dividido pelo peso volúmico normal de resíduos sólidos urbanos normalmente compactados e registado em aterro, que é de, aproximadamente, 450 kg/m<sup>3</sup> (Tchbanoglous *et al.*, 1993)., obtendo-se o volume anual ocupado em aterro por aqueles resíduos (Tabela 4.15).

Tabela 4.15 – Volume anual necessário para armazenar os RSU produzidos em 2016 cujo destino final foi aterro em cada concelho da Península de Setúbal.

<b>Concelho</b>	<b>RSU com destino final aterro em 2016 [kg]</b>	<b>Volume anual necessário para armazenar os RSU em aterro [m³]</b>
<b>Alcochete</b>	7 398 x 10 <sup>3</sup>	16 440
<b>Almada</b>	82 567 x 10 <sup>3</sup>	183 482
<b>Barreiro</b>	25 041 x 10 <sup>3</sup>	55 646
<b>Moita</b>	27 261 x 10 <sup>3</sup>	60 580
<b>Montijo</b>	19 803 x 10 <sup>3</sup>	44 006
<b>Palmela</b>	32 571 x 10 <sup>3</sup>	72 380
<b>Seixal</b>	59 709 x 10 <sup>3</sup>	132 686
<b>Sesimbra</b>	27 954 x 10 <sup>3</sup>	62 120
<b>Setúbal</b>	47 525 x 10 <sup>3</sup>	105 611

O tempo de funcionamento do aterro tendo em conta os dados considerados foi calculado através da aplicação da fórmula seguinte e os valores obtidos estão representados na Tabela 4.16.

$$\text{Tempo de funcionamento do aterro} = \frac{\text{Capacidade de armazenamento de RSU}}{\text{Volume anual necessário para armazenar os RSU do concelho em aterro}}$$

[anos]

(Equação 4)

O tempo mínimo recomendado para o funcionamento de um aterro de RSU, de forma a rentabilizar o investimento, é de 5 anos (Tchbanoglous *et al.*, 1993). Caso o valor obtido para determinada pedreira fosse superior a este, foi repetida a última fórmula considerando os valores de resíduos não apenas do concelho em que se encontra mas dos concelhos mais próximos. Por outro lado, a pedreira 35 apresenta um tempo de funcionamento espectável de 4 anos, mas, não foi excluída do estudo pois considerou-se um valor próximo do mínimo que devido à redundância de fatores já explicada pode vir a aumentar.

Devido às características próprias de um maciço calcário, relativamente à pedreira 38 não foi estudada a possível viabilidade para receber RSU mas os cálculos efetuados foram adaptados considerando um peso volúmico médio adotado para resíduos de construção e demolição de 1423 kg/m<sup>3</sup> (Tchbanoglous *et al.*, 1993). Foi adotado este valor uma vez que se propõe equacionar a recepção da respetiva fração inerte que representa na maioria dos casos cerca de 70% do volume total deste tipo de resíduos e é constituída por terras, argamassas, tijolos, telhas, alvenaria, entre outros materiais que apresentem características inertes (Rodrigues, 2013). Considerou-se um coeficiente de empolamento típico para RCD de 25% o que implica que apenas 75% do volume total da cavidade possa vir a ser ocupado por resíduos. Devido à escassa

informação relativamente à produção de RCD nestes concelhos não foi estimado o tempo de funcionamento espectável para o aterro mas apenas o peso total de RCD passíveis de serem armazenados na pedreira 38 através da aplicação da equação 5, a capacidade de armazenamento de RCD da mesma foi calculada através da aplicação da equação 6.

$$\text{Capacidade de armazenamento RCD} = 0.75 \times \text{Capacidade Total} \quad (\text{Equação 5})$$

$$\text{Capacidade de armazenamento RCD} = 0.75 \times 259\,940$$

$$= 194\,617 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso total de RCD armazenados} = \text{Peso volúmico} \times \text{Capacidade de armazenamento RCD} \\ (\text{Equação 6})$$

$$\text{Peso total de RCD armazenados} = 1423 \times 194\,617$$

$$= 276\,939\,991 \text{ Kg}$$

$$= 276\,940 \text{ t}$$

Tabela 4.16 – Estimativa do tempo de operação de um aterro de resíduos em cada pedreira.

Pedreira	Área (m <sup>2</sup> )	Profundidade (m)	Capacidade total (m <sup>3</sup> )	Capacidade de armazenamento de RSU (m <sup>3</sup> )	Tempo de operação (anos)	
10	401 582	10	4 815 820	4 013 183	38 (Setúbal)	13 (Setúbal, Barreiro e Seixal)
18	149 109	10	1 491 090	1 242 575	9 (Setúbal)	4 (Seixal e Almada)
20	29 503	10	295 030	245 858	2 (Seixal)	
21	163 321	10	1 633 210	1 361 008	10 (Seixal)	4 (Seixal e Almada)
22	208 702	10	2 087 020	1 739 183	13 (Seixal)	5 (Seixal e Almada)
23	444 347	10	4 443 470	3 702 892	28 (Seixal)	10 (Seixal, Almada e Barreiro)
30	92 982	10	929 820	774 850	6 (Seixal)	
31	90 671	10	906 710	755 591	5 (Seixal)	
33	134 391	10	1 343 910	1 119 925	8 (Seixal)	6 (Seixal e Barreiro)
35	36 013	10	360 130	300 108	4 (Palmela)	
36	180 801	10	1 808 010	1 506 675	20 (Palmela)	8 (Palmela e Setúbal)
38	25 949	10	259 490	<b>Capacidade de armazenamento RCD</b> = 0.75 x 259 490 = 194 617 m <sup>3</sup>		

#### 4.5 Adequabilidade de cada pedreira para a recepção de resíduos sólidos

A adequabilidade de cada pedreira para a recepção de resíduos sólidos foi elaborada através da análise dos parâmetros anteriormente estudados para cada pedreira que não apresentou qualquer fator de exclusão na primeira parte do procedimento descrito e que está apresentada na lista no final do ponto 4.4.1.

De forma a estudar a influência de cada parâmetro e de cada categoria na escolha final foram realizadas três hierarquias diferindo o peso atribuído a cada um. Foram por isso desenvolvidos três cenários de acordo com a alteração do valor  $P_i$  na fórmula. Propõem-se: um cenário neutro, onde cada parâmetro apresenta exatamente o mesmo valor  $P$ ; um cenário em que as características geológicas têm um maior peso na escolha final; e um cenário em que estas apresentam menos peso de forma a ser possível estudar a influência destes parâmetros neste caso de estudo.

##### 4.5.1 Estudo da adequabilidade com $P_i$ constante – cenário neutro

Neste caso, cada categoria foi tratada com igual importância de forma a produzir um cenário que no contexto do trabalho se pode considerar neutro. Para esse fim o valor de  $P$  foi determinado pela distribuição igualitária pelo número de categorias existentes e, dentro de cada categoria, cada parâmetro foi ponderado também de forma igualitária (Tabela 4.17).

Tabela 4.17 – Valor da ponderação ( $P$ ) de cada parâmetro em análise num cenário neutro.

<b>Categoria</b>	<b>Parâmetro</b>	<b>Sigla</b>	<b>Peso (P)</b>	<b>Total</b>
<b>Hidrogeologia</b>	Profundidade do nível freático	PNF	0,125	0,25
	Qualidade da água no aquífero subjacentemente à pedreira	QA	0,125	
<b>Distâncias</b>	Povoação (densidade superior a 10 habitações)	Pop	0,031	0,25
	Casa isolada	CI	0,031	
	Indústria	Ind	0,031	
	Sede de concelho	SC	0,031	
	Sede de distrito	SD	0,031	
	Autoestradas	Ae	0,031	
	Estradas nacionais	EN	0,031	
	Estradas Municipais	EM	0,031	
<b>Geologia do maciço</b>	Coefficiente de permeabilidade	CP	0,125	0,25
	Grupo litológico	GL	0,125	
<b>Zonas de empréstimo</b>	Grau de escavabilidade do solo	GES	0,125	0,25
	Textura do solo	TS	0,125	
<b>Total</b>	-	-	1	1

Recorrendo à equação 1 foi calculado o grau de adequabilidade de cada pedreira (designado por Total na Tabela 4.18) através da substituição de C pelos valores apresentados nas tabelas referidas na segunda fase do estudo e de P pelo valor apresentado na Tabela 4.17.

Tabela 4.18 – Grau de adequabilidade de cada pedreira considerando um peso (P) constante.

		Pedreiras											
		10	18	20	21	22	23	30	31	33	35	36	38
Parâmetros	<b>PNF</b>	0.25	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.25	0.25	0.125
	<b>QA</b>	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.5	0.5	0.25
	<b>Pop</b>	0.155	0.031	0.031	0.093	0.062	0.062	0.031	0.093	0.093	0.155	0.155	0.031
	<b>CI</b>	0.155	0.031	0.031	0.062	0.031	0.031	0.031	0.093	0.093	0.124	0.093	0.031
	<b>Ind</b>	0.031	0.031	0.062	0.062	0.031	0.031	0.062	0.062	0.031	0.124	0.031	0.031
	<b>SC</b>	0.124	0.155	0.155	0.155	0.155	0.155	0.155	0.155	0.155	0.155	0.155	0.062
	<b>SD</b>	0.155	0.155	0.155	0.155	0.155	0.155	0.155	0.155	0.155	0.155	0.124	0.155
	<b>Ae</b>	0.155	0.155	0.031	0.031	0.031	0.093	0.155	0.031	0.093	0.155	0.031	0.155
	<b>EN</b>	0.093	0.155	0.155	0.155	0.155	0.155	0.155	0.155	0.155	0.155	0.155	0.155
	<b>EM</b>	0.031	0.031	0.062	0.155	0.031	0.155	0.062	0.031	0.062	0.155	0.093	0.093
	<b>CP</b>	0.25	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.375
	<b>GL</b>	0.25	0.375	0.375	0.375	0.5	0.375	0.375	0.375	0.375	0.5	0.5	0.125
	<b>GES</b>	0.5	0.5	0.625	0.625	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.375	0.375	0.125
	<b>TS</b>	0.125	0.125	0.125	0.125	0.25	0.125	0.125	0.125	0.125	0.25	0.25	0.125
<b>Total</b>		2.399	2.494	2.257	2.743	2.651	2.587	2.556	2.525	2.587	3.178	2.837	1.838



#### 4.5.2 Estudo da adequabilidade com $P_{\text{Geologia}}$ sobrevalorizado

Como foi assumido ao longo do trabalho os parâmetros relacionados com as características geológicas e hidrogeológicas representam a maior ou menor adequabilidade de uma pedreira para receber resíduos sólidos e o tipo de resíduos que pode ser considerado. Por este motivo fez-se variar os valores de P na equação 1, dando maior importância a estas categorias e particularmente aos parâmetros que se considerou conferirem ao maciço maior aptidão para o fim referido. Os valores adotados encontram-se representados na Tabela 4.19 e a justificação da distribuição dos valores imediatamente abaixo da mesma.

Tabela 4.19 – Valor da ponderação (P) de cada parâmetro em análise sobrevalorizando as categorias geologia e hidrogeologia.

<b>Categoria</b>	<b>Parâmetro</b>	<b>Sigla</b>	<b>Peso (P)</b>	<b>Total</b>
<b>Hidrogeologia</b>	Profundidade do nível freático	PNF	0,25	0,3
	Qualidade da água no aquífero subjacentemente à pedreira	QA	0,05	
<b>Distâncias</b>	Povoação (densidade superior a 10 habitações)	Pop	0,035	0,2
	Casa isolada	CI	0,02	
	Indústria	Ind	0,012	
	Sede de concelho	SC	0,033	
	Sede de distrito	SD	0,033	
	Autoestradas	Ae	0,035	
	Estradas nacionais	EN	0,02	
	Estradas Municipais	EM	0,012	
<b>Geologia do maciço</b>	Coeficiente de permeabilidade	CP	0,15	0,3
	Grupo litológico	GL	0,15	
<b>Zonas de empréstimo</b>	Grau de escavabilidade do solo	GES	0,08	0,20
	Textura do solo	TS	0,12	
<b>Total</b>	-	-	1	1

A atribuição do valor indicado à profundidade do nível freático justifica-se com a importância de proteger os recursos hidrogeológicos subterrâneos dos poluentes associados a um aterro de resíduos sólidos, nomeadamente lixiviados, mas não se assume uma posição demasiado conservadora uma vez que esta proteção está dependente de outros parâmetros como a correta escolha e implementação dos sistemas de proteção e colheita de lixiviados que não dependem diretamente deste estudo. Relativamente à qualidade da água o peso mais baixo justifica-se pela baixa quantidade de dados disponíveis acerca deste parâmetro.

A importância de cada parâmetro relativo às distâncias foi hierarquizada de acordo com o número de pessoas que iria sofrer com os impactes diretos relacionados com a operação futura de um

aterro. Assim, atribuiu-se maior valor à distância a uma povoação (aglomerado superior a 10 casas dentro do perímetro em estudo ou que apresentem continuidade além desta distância) ou menor, caso dentro do perímetro proposto apenas existissem casas isoladas. Apesar de, forma geral, numa sede de distrito, existirem mais habitantes que numa sede de concelho, foi dado igual peso a estes critérios porque como se trata de uma zona amplamente povoada provavelmente os impactes referidos serão sentidos por um elevado número de residentes mesmo que este se encontre afastado destas divisões administrativas. Devido à complexidade de construção e maior fluxo e velocidade associados ao funcionamento de uma autoestrada foi atribuído um maior peso final enquanto que as estradas nacionais apresentam um peso intermédio e as estradas municipais, devido às suas características, um peso menor.

Como já foi referido as características geológicas têm um maior peso na ponderação. O coeficiente de permeabilidade e o grupo litológico apresentam o mesmo valor uma vez que se encontram diretamente relacionados com a capacidade do maciço suportar a estrutura inerente a um aterro de resíduos sólidos não permitindo ao mesmo tempo que exista a possibilidade de fuga de lixiviados e gás para as camadas inferiores do mesmo. Relativamente às zonas de empréstimo, considera-se mais importante a textura do solo uma vez que está diretamente ligada ao cumprimento das exigências que os solos têm de obedecer de forma a poderem ser utilizados como cobertura diária e final. O grau de escavabilidade apesar de poder exigir mais gastos financeiros pode ser ultrapassado pela adequação dos métodos e dos meios de escavação utilizados o que justifica o menor peso.

Recorrendo à equação 1 foi calculado o grau de adequabilidade de cada pedreira (designado por Total na Tabela 4.20) através da substituição de C pelos valores apresentados nas tabelas referidas na segunda fase do estudo e de P pelo valor apresentado na Tabela 4.19.

Tabela 4.20 – Grau de adequabilidade de cada pedreira considerando  $P_{\text{Geologia}}$  sobrevalorizado.

		Pedreiras											
		10	18	20	21	22	23	30	31	33	35	36	38
Parâmetros	PNF	0.5	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.5	0.5	0.25
	QA	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1
	Pop	0.175	0.035	0.035	0.105	0.07	0.07	0.035	0.105	0.105	0.175	0.175	0.035
	CI	0.1	0.02	0.02	0.04	0.02	0.02	0.02	0.06	0.06	0.08	0.06	0.02
	Ind	0.012	0.012	0.024	0.024	0.012	0.012	0.024	0.024	0.012	0.048	0.012	0.012
	SC	0.132	0.165	0.165	0.165	0.165	0.165	0.165	0.165	0.165	0.165	0.165	0.066
	SD	0.165	0.165	0.165	0.165	0.165	0.165	0.165	0.165	0.165	0.165	0.132	0.165
	Ae	0.175	0.175	0.035	0.035	0.035	0.105	0.175	0.035	0.105	0.175	0.035	0.175
	EN	0.06	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	EM	0.012	0.012	0.024	0.06	0.012	0.06	0.024	0.012	0.024	0.06	0.036	0.036
	CP	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.45
	GL	0.3	0.45	0.45	0.45	0.6	0.45	0.45	0.45	0.24	0.6	0.6	0.15
	GES	0.32	0.32	0.4	0.4	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.24	0.24	0.08
	TS	0.12	0.12	0.12	0.12	0.24	0.12	0.12	0.12	0.12	0.24	0.24	0.12
Total		2.321	2.574	2.538	2.664	2.739	2.587	2.598	2.556	2.416	2.898	2.645	1.759

#### 4.5.3 Estudo da adequabilidade com $P_{\text{Geologia}}$ subvalorizado

Este estudo foi efetuado de forma a produzir um cenário passível de ser avaliado caso os principais parâmetros geológicos pudessem ser contornados e não constituíssem as principais restrições à instalação de um aterro de resíduos sólidos em determinado local. Apesar de diminuir o peso destas características e, consequentemente, a sua importância, considerou-se importante distinguir cada parâmetro com peso próprio uma vez que mesmo no cenário mais otimista devem ser tidos em conta de forma autónoma (Tabela 4.21).

Tabela 4.21 – Valor da ponderação (P) de cada parâmetro em estudo subvalorizando as categorias geologia e hidrogeologia.

<b>Categoria</b>	<b>Parâmetro</b>	<b>Sigla</b>	<b>Valor (P)</b>	<b>Total</b>
<b>Hidrogeologia</b>	Profundidade do nível freático	PNF	0,12	0,15
	Qualidade da água no aquífero subjacentemente à pedreira	QA	0,03	
<b>Distâncias</b>	Povoação (densidade superior a 10 habitações)	Pop	0,105	0,6
	Casa isolada	CI	0,06	
	Indústria	Ind	0,036	
	Sede de concelho	SC	0,1	
	Sede de distrito	SD	0,1	
	Autoestradas	Ae	0,105	
	Estradas nacionais	EN	0,06	
	Estradas Municipais	EM	0,036	
<b>Geologia do maciço</b>	Coefficiente de permeabilidade	CP	0,075	0,15
	Grupo litológico	GL	0,075	
<b>Zonas de empréstimo</b>	Grau de escavabilidade do solo	GES	0,06	0,1
	Textura do solo	TS	0,04	
<b>Total</b>	-	-	1	1

Recorrendo à equação 1 foi calculado o grau de adequabilidade de cada pedreira (designado por Total na Tabela 4.22) através da substituição de C pelos valores apresentados nas tabelas referidas na segunda fase do estudo e de P pelo valor apresentado na Tabela 4.21.

Tabela 4.22 – Grau de adequabilidade de cada pedreira considerando  $P_{\text{Geologia}}$  subvalorizado.

		Pedreiras											
		10	18	20	21	22	23	30	31	33	35	36	38
Parâmetros	<b>PNF</b>	0.24	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.24	0.24	0.12
	<b>QA</b>	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.12	0.12	0.06
	<b>Pop</b>	0.525	0.105	0.105	0.315	0.21	0.21	0.105	0.315	0.315	0.525	0.525	0.105
	<b>CI</b>	0.3	0.06	0.06	0.12	0.06	0.06	0.06	0.18	0.18	0.24	0.18	0.06
	<b>Ind</b>	0.036	0.036	0.072	0.072	0.036	0.036	0.072	0.072	0.036	0.144	0.036	0.036
	<b>SC</b>	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.2
	<b>SD</b>	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.5
	<b>Ae</b>	0.525	0.525	0.105	0.105	0.105	0.315	0.525	0.105	0.315	0.525	0.105	0.525
	<b>EN</b>	0.18	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
	<b>EM</b>	0.036	0.036	0.072	0.18	0.036	0.18	0.072	0.036	0.072	0.18	0.108	0.108
	<b>CP</b>	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075	0.225
	<b>GL</b>	0.15	0.225	0.225	0.225	0.3	0.225	0.225	0.225	0.18	0.3	0.3	0.075
	<b>GES</b>	0.24	0.24	0.3	0.3	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.18	0.18	0.06
	<b>TS</b>	0.04	0.04	0.04	0.04	0.08	0.04	0.04	0.04	0.04	0.08	0.08	0.04
<b>Total</b>		3.307	3.062	2.774	3.152	2.862	3.101	3.134	3.008	3.173	3.909	3.149	2.414

#### 4.6 Hierarquia final das pedreiras em estudo para a recepção de resíduos sólidos

Como descrito no ponto anterior, a adequabilidade para a recepção de resíduos sólidos de cada pedreira foi elaborada de forma comparativa e o resultado apresenta-se hierarquicamente distribuído pelas pedreiras submetidas a avaliação ponderada na segunda fase do estudo. Considera-se que o local é tanto mais adequado quanto mais alto for o Total da pedreira obtido para cada valor de P. Uma vez que se submeteu a amostra a três valores desta variável na Tabela 4.23 estão apresentadas três hierarquias, de acordo com o grau de adequabilidade obtido.

Tabela 4.23 – Hierarquização das pedreiras em análise de acordo com o grau de adequabilidade para a recepção de resíduos sólidos nos três cenários.

		Cenário 1		Cenário 2		Cenário 3	
		P constante		P <sub>Geologia</sub> sobrevalorizado		P <sub>Geologia</sub> subvalorizado	
		Pedreira	Grau de adequabilidade	Pedreira	Grau de adequabilidade	Pedreira	Grau de adequabilidade
Ordem hierárquica	1	35	3,178	35	2,898	35	3,909
	2	36	2,837	22	2,739	10	3,307
	3	21	2,743	21	2,664	33	3,173
	4	22	2,651	36	2,645	21	3,152
	5	33	2,587	30	2,598	36	3,149
	6	23	2,587	23	2,587	30	3,134
	7	20	2,557	18	2,574	23	3,101
	8	30	2,556	31	2,556	18	3,062
	9	31	2,525	20	2,538	31	3,008
	10	18	2,494	33	2,416	22	2,862
	11	10	2,399	10	2,321	20	2,774
	12	38	1,838	38	1,759	38	2,414

Como é possível verificar, a alteração do peso atribuído a cada categoria de parâmetros resulta em variações significativas na lista ordenada de adequabilidade das pedreiras em cada cenário. De notar que a pedreira com maior grau de adequabilidade (pedreira 35) e a que apresenta um valor mais baixo (pedreira 38) se mantêm nos três cenários realizados. Pode ainda referir-se que nas cinco pedreiras mais cotadas em todos os cenários considerados três se mantêm sempre nesses lugares: as pedreiras 35, 36 e 21, podendo ainda destacar-se as pedreiras 22 e 33 que ocupam um dos cinco primeiros lugares em dois dos três cenários realizados.

Analisando a Tabela 4.23 propõe-se excluir a possibilidade de depositar resíduos perigosos em qualquer um destes locais considerando possível a deposição de resíduos urbanos e industriais

banais. Destaca-se ainda a importância de estudar posteriormente as características geológicas *in situ* de modo a relacionar os tipos de resíduos que podem vir a ser depositados em cada local.

Com foi referido ao longo do trabalho é proposto dar maior relevância ao cenário 2, onde o P relativo à geologia foi sobrevalorizado. Assim, na Figura 4.22 pode ser observada a localização geográfica das pedreiras evidenciando a ordem hierárquica de cada uma neste cenário.

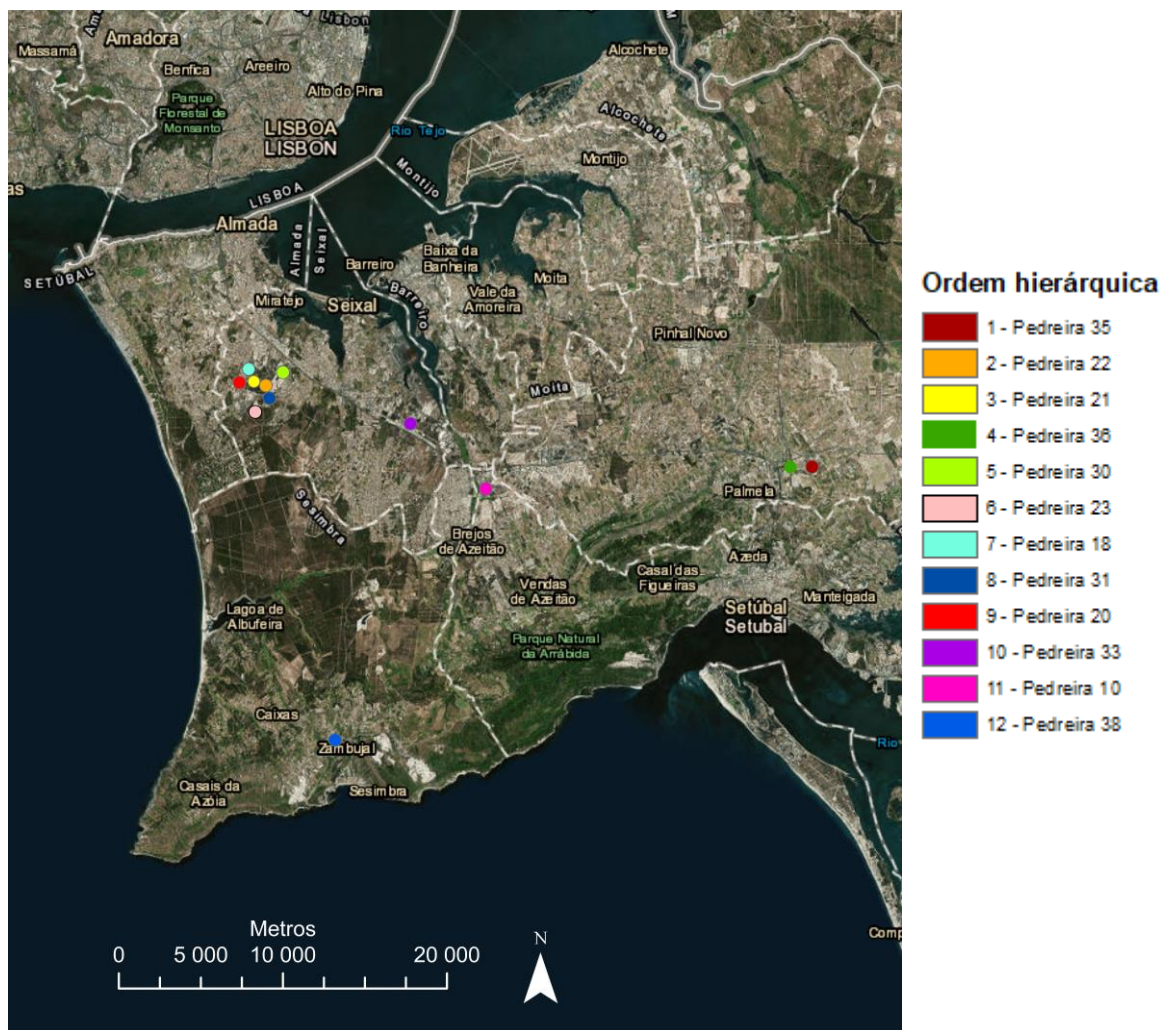


Figura 4.22 – Localização geográfica das pedreiras evidenciando a ordem hierárquica das mesmas tendo em conta  $P_{\text{geologia}}$  sobrevalorizado.

Na Tabela 4.24, cuja ordem de pedreiras segue a classificação obtida tendo em conta a valorização dos parâmetros geológicos é possível verificar que apenas as pedreiras 35 e 20 apresentam, de acordo com os dados considerados, um tempo de funcionamento inferior ao mínimo aconselhado por Tchbanoglous *et al.* (1993), 5 anos. No entanto o valor da pedreira 35 encontra-se bastante próximo pelo que não se propõe a exclusão desta pedreira mas a revisão dos cálculos depois de serem levantados todos os dados atualizados como, por exemplo, a profundidade de exploração. Para as pedreiras que apresentaram valores muito superiores ao mínimo definido foi estudada ainda a possibilidade de receberem RSU dos concelhos próximos,

sendo que as pedreiras 22, 36, 23, 33 e 10 apresentam condições para receber estes resíduos durante um período superior a 5 anos nestas condições.

Tabela 4.24 – Tabela síntese da hierarquia de pedreiras de acordo com a valorização dos parâmetros geológicos.

Pedreira	Concelho	Capacidade total de armazenamento de RSU [m³]	Tempo de funcionamento do aterro
35	Palmela	300 108	4 anos
22	Seixal	1 739 183	13 anos
21	Seixal	1 361 008	10 anos
36	Palmela	1 506 675	20 anos
30	Seixal	774 850	6 anos
23	Seixal	3 702 892	28 anos
18	Seixal	1 242 575	9 anos
31	Seixal	755 591	5 anos
20	Seixal	245 858	2 anos
33	Seixal	1 119 925	8 anos
10	Setúbal	4 013 183	38 anos

A localização geográfica das pedreiras presentes na Tabela 4.24 evidenciando o tempo de funcionamento estimado está representada na Figura 4.23.

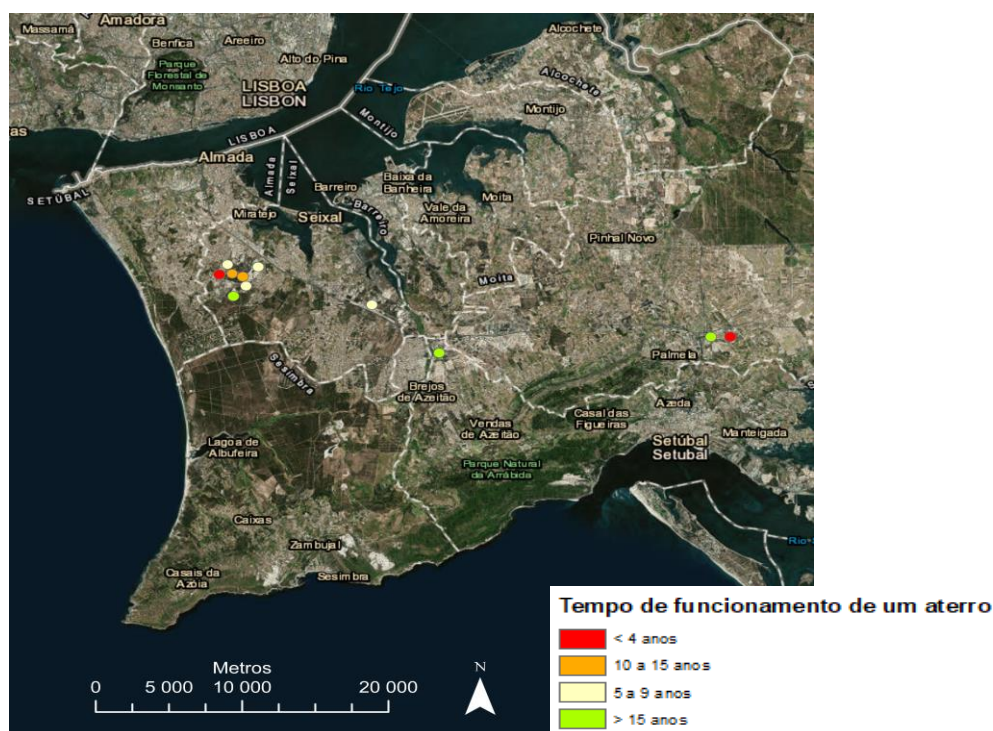


Figura 4.23 – Localização geográfica das pedreiras submetidas à etapa 3 do estudo e respetivo tempo de funcionamento estimado.



Apesar de existirem alterações na ordenação hierárquica de acordo com as alterações dos pesos atribuídos a cada parâmetro nos diferentes cenários, o grau de adequabilidade mantém uma relação de proximidade entre as pedreiras com a exceção da pedreira 38 (Casalão). Devido a este afastamento propõe-se que esta seja apenas considerada como uma possível solução para a deposição de resíduos inertes (por exemplo, de construção e demolição) uma vez que não irá existir uma reação entre estes e o maciço calcário podendo pôr em causa a qualidade dos recursos naturais e da qualidade de vida na população que se encontra bastante próxima do local de exploração. Devido à proximidade referida e ao tamanho reduzido da escavação propõem-se ainda a avaliação das empresas existentes na zona relativamente ao tipo de resíduos produzidos de forma a perceber se este local pode mesmo ser considerado como depósito de resíduos inertes produzidos no decorrer das atividades destas não comprometendo o custo de transporte.



## 5 Conclusões

Apesar de todos os esforços que têm sido realizados nos últimos anos no sentido de reduzir a quantidade de resíduos depositados em aterro é sempre necessário considerar a necessidade de planejar um local de destino final de resíduos uma vez que pode ser necessário para determinado tipo de resíduos que não permitam outro tipo de aproveitamento e também é necessário ter em consideração que os processos de tratamento de resíduos produzem, também eles, resíduos e que os aterros se podem apresentar como uma infraestrutura de apoio a estes processos.

Ao longo deste trabalho foram apresentados diversos aspetos que podem condicionar a localização de um aterro de resíduos sólidos em determinado local. No entanto é importante ter em conta, e documentar devidamente, outros aspetos que embora não sejam considerados uma condicionante se revelam importantes para a avaliação do local para futuro armazenamento de resíduos. Segundo Tchbanoglous *et al.* (1993) podem destacar-se os seguintes aspetos:

Impactes ambientais. A principal oposição pública parte da preocupação com os possíveis impactes ambientais que uma obra deste tipo pode apresentar durante e após o seu funcionamento.

Preocupações dos residentes. As principais preocupações apresentadas pela comunidade são relativas aos odores, poeira, aspetos visuais, redução do valor da sua propriedade, lixiviamento e riscos para a saúde.

Adaptabilidade da área para usos diversos. Sempre que possível, o local deve considerar a possibilidade de recuperação futura de alguns dos resíduos depositados e planejar a recuperação do gás formado na decomposição dos resíduos orgânicos para obtenção de energia.

Planos de contingência. Devem ser elaborados planos que definam as operações de funcionamento do aterro em caso de desastres naturais como cheias e sismos.

Na escolha final de um local para implementar um aterro de resíduos sólidos deve optar-se por aquele que no final apresente menores custos, tanto a nível ambiental, social e investimento monetário. Deve, por isso, balancear-se estas três características ponderadamente de forma a encontrar a melhor solução para o problema de deposição dos resíduos no solo.

O trabalho realizado, de um universo inicial de 38 locais, apenas permitiu seleccionar 12 pedreiras para poderem ser submetidas a um estudo de adequabilidade à receção de resíduos sólidos. O obstáculo inicial, foi a pouca informação disponível acerca das pedreiras existentes na região e, a que existia, encontrava-se dispersa e muitas vezes desatualizada. Os principais fatores que levaram à exclusão de pedreiras foram a localização das mesmas em áreas protegidas e já se encontrarem com um plano de recuperação em execução ou já estarem totalmente recuperadas.

Além destes fatores foram ainda motivo de exclusão a proximidade ao litoral, rios, parques públicos, falhas geológicas e caminhos de ferro. As pedreiras que não apresentaram qualquer fator de exclusão foram submetidas à ponderação de diversos parâmetros das categorias hidrogeologia, geologia local e distância a zonas habitacionais e vias de comunicação. Estes parâmetros foram avaliados através de três cenários de ponderação fazendo variar o respetivo peso de cada parâmetro de forma a estudar a influência de cada um na escolha final. Assim, cada ponderação resultou num cenário diferente: a primeira devolveu um cenário considerado neutro, com pesos iguais para todos os parâmetros, que permitiu comparar posteriormente os dados obtidos nas restantes ponderações; na segunda foram valorizados (atribuído maior peso) os parâmetros relativos à geologia e, na terceira foram subvalorizados os mesmos parâmetros. Conclui-se que as pedreiras com maior e menor grau de adequabilidade em todas as ponderações foram as mesmas (pedreira 35 e pedreira 38, respetivamente). Com estes dados conclui-se que a pedreira 35 apresenta uma maior uniformidade entre os parâmetros estudados uma vez que fazendo variar os pesos destes se mantém como a mais cotada. Relativamente à pedreira 38 também revela esta uniformidade, no entanto apresenta um baixo valor na maioria dos parâmetros estudados especialmente nos que estão ligados a características geológicas, o que é justificado por ter sido uma exploração de rocha calcária. É, por isso, proposto que este local possa apenas ser considerado para depósito de resíduos inertes, de preferência resultantes das indústrias existentes na zona próxima. Num valor máximo de 5, no estudo que valoriza os parâmetros geológicos, o valor total de cada pedreira varia entre 1,759 e 2,898. Apesar da ordem hierárquica das pedreiras variar com a ponderação aplicada, é possível perceber, à exceção da pedreira 38, que os valores obtidos são relativamente próximos, o que pode ser justificado pelo facto da maioria das explorações estar organizada em núcleos; as pedreiras que pertencem ao mesmo núcleo partilham as mesmas características traduzindo-se numa proximidade dos valores dos parâmetros avaliados.

Assim, apesar de se constatar algumas limitações, não se propõe a exclusão imediata de nenhum destes locais como uma possibilidade para receber um aterro de resíduos sólidos. Sobrevalorizando os aspetos relacionados com a geologia e hidrogeologia do local apresenta-se a seguinte ordem de adequabilidade das pedreiras que foram submetidas à 2ª fase do estudo e que se pretende que possa servir de base para estudos futuros de localização de um aterro na área:

1. Pedreira 35 (Herdade da Biscaia nº1);
2. Pedreira 22 (Santa Marta de Corroios);
3. Pedreira 21 (Vale de Milhaços);
4. Pedreira 36 (Herdade da Biscaia nº2);
5. Pedreira 30 (Pinhal Conde da Cunha 3);
6. Pedreira 23 (Pinhal do Catelas);
7. Pedreira 18 (Antigo Areeiro J. Caetano);

8. Pedreira 31 (Pinhal Conde da Cunha 4);
9. Pedreira 20 (Quinta da Aniza);
10. Pedreira 33 (Brejos da Palmeira nº2);
11. Pedreira 10 (Pedreira 10 – Sargal nº1);
- 12. Pedreira 38 (Pedreira 38 – Casalão).**

Para cada pedreira referida foi realizado o estudo para receção de RSU produzidos no concelho respetivo. Deste estudo foram obtidos os anos de operação espectáveis do aterro localizado na pedreira, tendo em conta que a quantidade de RSU recebida se mantém constante ao longo do tempo e igual ao contabilizado no concelho em 2016. Considerando que o período mínimo de funcionamento recomendado para um aterro de RSU é de 5 anos é possível concluir, preliminarmente, que apenas a pedreira 20 (Quinta da Aniza) se encontra muito abaixo deste valor. Apesar de ter sido estimado 4 anos de funcionamento de um aterro de na pedreira 35, não se exclui a mesma uma vez que os dados utilizados foram deduzidos e conservadores, propondo-se posteriormente recalcular o tempo de operação com valores obtidos através de observações de campo. Para as pedreiras que apresentassem uma estimativa de funcionamento muito superior ao mínimo recomendado foi recalculado este valor considerando a receção dos RSU do próprio concelho e dos mais próximos. Após este estudo as pedreiras 10, 22, 23, 33 e 36 revelaram potencial para armazenar RSU de vários concelhos durante o tempo mínimo considerado.

Não foi realizado o estudo relativo ao tempo expectável de funcionamento de um aterro de resíduos setoriais porque implicaria um levantamento mais aprofundado das indústrias existentes na proximidade de cada pedreira de forma a tentar relacionar com o tipo de resíduos produzidos e respetivas características o que não foi possível realizar não implicando no entanto a exclusão da deposição deste tipo de resíduos. No entanto foi calculada a capacidade de armazenamento de RCD da pedreira 38 (276 940 toneladas) de forma a poder ponderar-se a utilização da mesma como aterro de resíduos inertes constituintes maioritários destes.

Atualmente existem dois aterros de RSU em funcionamento na área em estudo, no ecoparque de Palmela e no ecoparque do Seixal, ambos em exploração pela empresa Amarsul. Destaca-se as pedreiras que pela proximidade geográfica ao ecoparque do Seixal ( ) permitem o aproveitamento das instalações de apoio já existentes e das rotas de recolha de resíduos já definidas. As pedreiras 10, 33 e 35 apesar de se encontrarem perto o suficiente do ecoparque de Palmela podem também representar locais de receção de RSU alternativos de forma a prestar apoio aos agregados populacionais mais próximos permitindo diminuir os custos de transporte para os dois aterros já existentes que se encontram mais afastados destas populações.

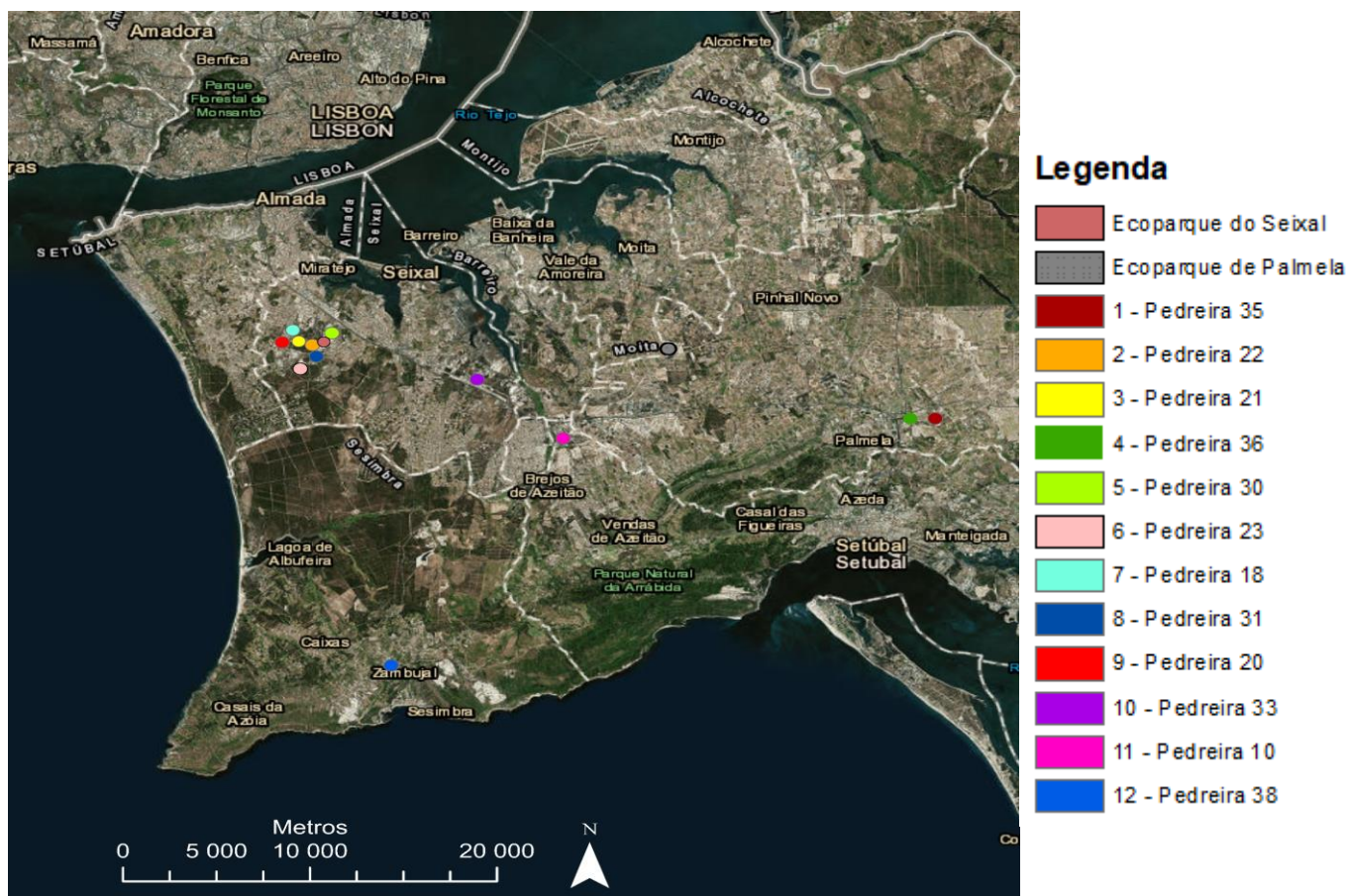


Figura 5.1 – Localização geográfica das pedreiras submetidas à segunda etapa do estudo e aterros de RSU em funcionamento na península de Setúbal.

Como foi referido, este é um estudo preliminar pelo que se propõe um conjunto de trabalhos a realizar no futuro, em cada local analisado, no estudo para a implementação de um aterro de resíduos sólidos na zona. Devido às constantes alterações e abertura de novas empresas devem ser realizados trabalhos de campo em cada local para proceder ao levantamento do estado atual de exploração ou de recuperação das pedreiras, das que transitaram para a fase final deste estudo, mas preferencialmente de todas as identificadas. Este procedimento permitirá a atualização da lista inicial de pedreiras com as novas conceções ou com as que de alguma forma não foi possível identificar com este trabalho. Numa fase mais avançada do estudo de localização de um aterro devem ser realizados diversos ensaios *in situ* como aqueles que se encontram referidos anteriormente e também ao longo do trabalho, deve ser estudada a capacidade de armazenamento de cada pedreira de forma a perceber se permite o funcionamento do aterro pelo tempo mínimo de sustentabilidade económica. Na fase final de decisão deve ainda ser feito um levantamento da opinião pública acerca do projeto e também diversas sessões de esclarecimento de forma a informar a população relativamente aos verdadeiros impactes futuros.

## 6 Referências

- Alanbari, M. A., Al-Ansari, N., Jasim, H. K., & Knutsson, S. (2014). Modeling Landfill Suitability Based on GIS and Multicriteria Decision Analysis: Case Study in Al-Mahaweelqadaa. *Natural Science*, 6(6), pp. 828 – 851. <http://doi.org/10.4236/ns.2014.611081>
- Almeida, C., Mendonça, J. J. L., Jesus, M. R., & Gomes, A. J. (2000). Sistema Aquífero: Margem Esquerda (T3). Em *Sistemas Aquíferos de Portugal Continental*. Centro de Geologia da Universidade de Lisboa & Instituto Nacional da Água (Ed.). pp. 615 – 640.
- Almeida, J. A. de. (2016). *Sebenta de Apoio às Aulas de Tecnologia Pedreiras*. Departamento de Ciências da Terra – Faculdade de Ciência e Tecnologias Universidade Nova de Lisboa.
- Agência Portuguesa do Ambiente (2017). Movimento transfronteiriço de resíduos. Obtido a 05 de julho de 2018, de <https://rea.apambiente.pt/content/movimento-transfronteiri%C3%A7o-de-res%C3%ADduos?language=pt-pt>
- Agência Portuguesa do Ambiente (2018). Produção e gestão de resíduos urbanos. Obtido a 05 de julho de 2018, de <https://rea.apambiente.pt/content/produ%C3%A7%C3%A3o-e-gest%C3%A3o-de-res%C3%ADduos-urbanos>, acedido a 05 de julho de 2012
- Agência Portuguesa do Ambiente (sem data). Dados sobre resíduos urbanos. Obtido a 05 de julho de 2018, de <http://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=84&sub2ref=933&sub3ref=936>, acedido a 05 de julho de 2018
- Bastos, M., & Silva, I. A. e. (sem data). *Restauração, Reabilitação E Reconversão Na Recuperação Paisagística De Minas E Pedreiras*. VISA Consultores, S.A.
- Bennett, M. R., & Doyle, P. (1997). *Environmental Geology: Geology and the Human Environment*. John Wiley & Sons, Ltd. 501 p.
- Cabeças, A. J., & Levy, J. de Q. (2006). *Resíduos Sólidos Urbanos - Princípios e processos* (Primeira Edição). Associação das Empresas Portuguesas para o Sector do Ambiente. pp. 5 - 23, 165 – 38.
- Cabral, J. (1995). Neotectónica em Portugal Continental. Em *Memórias do Instituto Geológico e Mineiro* (n.º 31). pp. 171–193.
- Caetano, P. S. (2006). "Aspectos da geologia e geomorfologia do litoral da Península de Setúbal". Em Sargedas, C. (Editor) *"Vertigem Azul - Fotografias Carlos Sargedas"*, Sesimbra, pp. 14-19. ISBN 989-20-0319-5
- Caetano, P. S., Vendas, D. F., Costa, C. N. da, Verdial, P. H., & Brito, M. G. (2006). Cartografia de riscos na selecção de locais para aterros de resíduos: alguns exemplos. Em C. N. da Costa (Ed.), *Cartografia Geológica Aplicada a Áreas Urbanas - O Caso da Área Metropolitana de Lisboa*. Alcochete. pp. 177 – 186

- Câmara Municipal do Seixal. (2014). Plano Diretor Municipal do Seixal - Relatório da Proposta de Plano. Seixal. 110 p.
- Costa, C. (1997). Metodologia para a selecção de locais para aterros de resíduos industriais. Seminário sobre Resíduos Sólidos. Instituto Politécnico de Castelo Branco.
- Costa, C. N.; Allen, A.; Brito, M. G.; Caetano, P. S.; Cummins, V.; Donnelly, J.; Koukoulas, S.; O'Donnell, V.; Robalo, C.; Vendas, D. (2003). Modelo SIG para selecção de locais para aterros de resíduos. Finisterra XXXVIII 75, XXXVIII (75), pp. 85 – 99.
- Costa, C.(coord.); Dias, R. P. & Kullberg, J. C. (coord. carta) (2005) – Carta geológica de Portugal na escala 1:100 000, folha Sul AML. Protocolo Colab. Desenv. Cart. Geol. Área Metropolitana Lisboa, INETI/IGM.
- Costa, C. N., Caetano, P. S. & Rocha, M. (2007) "Carta Geoambiental da AML e região envolvente - a classificação". Carta Geoambiental da AML e região envolvente - Reunião Técnica, Lisboa, 27 de novembro.
- Costa, C. N., Caetano, P. S., Vendas, D. F., Verdial, P. H., & Brito, M. G. (2005). Evaluation of Abandoned Mining Areas Suitability for Industrial Waste Landfill Site Selection. Em 14<sup>TH</sup> European Colloquium on Theoretical and Quantitative Geography. Tomar. pp. 1 – 10.
- Decreto-Lei n.º 183/2009 de 10 de agosto. Diário da República n.º 153 – 1ª Série (2009). Lisboa: Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional.
- Decreto-Lei n.º 382/99 de 22 de setembro. Diário da República n.º 222 – 1ª Série (1999). Lisboa: Ministério do Ambiente.
- Decreto-Lei n.º 73/2011 de 17 de junho. Diário da República n.º 116 – 1ª Série (2011). Lisboa: Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território.
- Dias, Rúben, & Pais, João. (2009). Homogeneização da Cartografia Geológica do Cenozóico da Área Metropolitana de Lisboa (AML). Comunicações Geológicas, (96), p. 39-50. Obtido a 11 de julho de 2018, de [http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1647-581X2009000100003&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1647-581X2009000100003&lng=pt&tlng=pt).
- Esteves, S. (2015). Proposta de Requalificação e Sustentabilidade da Serra de São Luís. Projecto Final de Licenciatura. Universidade Atlântica. 63 p.
- Fernandes, M. da C., Caetano, P. S., & Costa, C. N. da. (2001). Desenvolvimento de um modelo teórico de SIG para a localização de aterros sanitários - Aplicação no Concelho de Sesimbra. Relatório do Projecto INTERREG II C.
- IGME (2015). QAFI v.3: Quaternary Active Faults Database of Iberia. Obtido a 10 de Maio de 2017, de IGME web site: <http://info.igme.es/QAFI>
- Instituto Nacional de Estatística. (2014). Estatísticas do Ambiente 2013. Lisboa. 356 p.



- Instituto Nacional de Estatística. (2016). Estatísticas do Ambiente 2015. Lisboa. 196 p.
- Instituto Nacional de Estatística. (2017). Estatísticas do Ambiente 2016. Lisboa. 201 p.
- Instituto Tecnológico GeoMinero de España. (1989). Manual de Restauración de Terrenos y Evaluación de Impactos Ambientales en Minería. (F. J. A. Carcedo, L. V. Fernandez, C. L. Jimeno, P. A. Maqua, M. E. Bombin, R. E. Bombin, M. F. Gomez, S. M. Alonso, J. M. T. Santos, Eds.). Madrid. pp. 199 – 214.
- Kullberg, J. C. (2000). Evolução tectónica Mesozóica da Bacia Lusitaniana. Tese de Doutoramento. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa - I Volume, 361 p.
- Lourenço, R. W., Silva, D. C. C. e, Sales, J. C. A., Medeiros, G. A. de, & Otero, R. A. P. (2015). Metodologia para seleção de áreas aptas à instalação de aterros sanitários consorciados utilizando SIG. *Ciência e Natura*, 37(4), pp. 122–140. <http://doi.org/105902/2179460X15973>
- Luz, A. P., Fernandes, J., Dill, A. C., & Francés, A. (2001). Aplicação de um SIG na selecção de locais para implantação de aterros sanitários em áreas vulneráveis à contaminação de aquíferos. Em *A hidroinformática em Portugal*. pp. 1 – 14.
- Manuppella, G., Antunes, M. T., Pais, J., Ramalho, M. M., Rey, J. (1999). Notícia Explicativa da Folha 38-B Setúbal da Carta Geológica de Portugal, na escala 1/50 000. Departamento de Geologia – Instituto Geológico e Mineiro , Lisboa.
- Moniz, C. M. de F. B. (2010). Contributo Para O Conhecimento Da Falha De Pinhal Novo – Alcochete, No Âmbito Da Neotectónica Do Vale Inferior Do Tejo. Tese de Mestrado. Faculdade de Ciências – Universidade de Lisboa. 128 p.
- Pordata.pt (2017) (1). População residente. Obtido a 21 de setembro de 2017, de <https://www.pordata.pt/Municipios/População+residente-359>
- Pordata.pt (2017) (2). Superfície. Obtido a 12 de setembro de 2017, de <https://www.pordata.pt/Municipios/Superfície-57>
- Pordata.pt (2017) (3). Resíduos urbanos: total e por tipo de operação de destino. Obtido a 27 de dezembro de 2017, de <https://www.pordata.pt/Municipios/Resíduos+urbanos+total+e+por+tipo+de+operação+de+destino-67>
- Pordata.pt (2017) (4). Densidade populacional. Obtido a 21 de setembro de 2017, de <https://www.pordata.pt/Municipios/Densidade+populacional-452>
- Pordata.pt (2018). Empresas não financeiras: total e por sector de actividade económica. Obtido a 20 de fevereiro de 2018, de <https://www.pordata.pt/Municipios/Empresas+não+financeiras+total+e+por+sector+de+actividade+económica-346>

- Resolução do Conselho de Ministros n.º 11-C (2015) - Diário da República n.º 52/2015, 2º Suplemento, Série I de 2015-03-16. ISSN 0870-9963
- Ribeiro, A., Antunes, M. T., Ferreira, M. P., Rocha, R. B., Soares, A. F., Zbyszewsky, G., Moitinho de Almeida, F., Carvalho, D., & Monteiro, J. H. (1979). *Introduction à la Géologie Générale du Portugal*. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa.
- Rocha, M. (2013). *Mecânica das Rochas*. (LNEC, Ed.) (Primeira Edição). Lisboa. pp. 323 – 328.
- Rodrigues, M. M. M. (2013). *Guia para a Utilização de Resíduos de Construção e Demolição em Vias Municipais e Rurais e em Valas*. Tese de Mestrado. Escola de Engenharia - Universidade do Minho. 94 p. SECILbritas. (sem data). Pedreiras Sesimbra - Vale do Covão e Mata Redonda.
- Şener, B. (2004). *Landfill site selection by using geographic information systems*. Tese de mestrado. Graduate School of Natural and Applied Sciences - Middle East Technical University. 114 p.
- Sharma, H. D., & Lewis, S. P. (1994). *Waste Containment Systems, Waste Stabilization and Landfills*. John Wiley & Sons, Ltd. 588 p.
- Simões, J. R. V. H. (2009). *Localização de Instalações de Tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos. – Aplicação à Área Metropolitana de Lisboa*. Tese de Mestrado. Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade Nova de Lisboa. 74 p.
- SNIRH. (sem data) Obtido 6 de Dezembro de 2017, de <http://snirh.apambiente.pt/index.php?idMain=1&idItem=1.4&ccdr=ARHTEJO&conc=SESIMBRA&ponto=453/117>
- Sousa, L. (2012). *Recuperação Ambiental e Paisagística de Pedreiras*. Em *Os Granitos de Vila Pouca de Aguiar como Factor de Desenvolvimento Regional*, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (Ed.) pp. 239 – 249.
- Tchbanoglous, G., Theisen, H., & Vigil, S. (1993). *Integrated Solid Waste Management* (Terceira Edição). McGraw-Lisbon, Inc. 977 p.
- VISA Consultores. (2009). *Estudo de Impacte Ambiental Ampliação da Pedreira “Herdade Da Biscaia N.º2” - Resumo não técnico*. 18 p.
- Williams, P. T. (2005). *Waste Treatment and Disposal* (Segunda Edição). John Wiley & Sons, Ltd. 392 p.

## Anexos

## Anexo I – Lista de Resíduos Perigosos

Sigla	Categoria	Tipo de Substâncias
H 1	Explosivo	Substâncias e misturas que podem explodir sob o efeito de uma chama ou ser mais sensíveis ao choque e à fricção que o dinitrobenzeno
H 2	Comburente	Substâncias e preparações que, em contacto com outras substâncias, nomeadamente com substâncias inflamáveis, apresentam uma reação fortemente exotérmica
H 3 -A	Facilmente inflamável	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Substâncias e preparações no estado líquido cujo ponto de inflamação é inferior a 21°C (incluindo os líquidos extremamente inflamáveis);</li> <li>• Substâncias e preparações que podem aquecer até ao ponto de inflamação em contacto com o ar a uma temperatura normal, sem emprego de energia;</li> <li>• Substâncias e preparações no estado sólido que se podem inflamar facilmente por breve contacto com uma fonte de inflamação e que continuam a arder ou a consumir-se após a retirada da fonte de inflamação;</li> <li>• Substâncias e preparações gasosas, inflamáveis em contacto com o ar à pressão normal;</li> <li>• Substâncias e preparações que em contacto com a água ou o ar húmido libertam gases facilmente inflamáveis em quantidades perigosas.</li> </ul>
H 3 -B	«Inflamável»	Substâncias e preparações líquidas cujo ponto de inflamação é igual ou superior a 21°C e inferior ou igual a 55°C.
H 4	Irritante	Substâncias e preparações não corrosivas que por contacto imediato, prolongado ou repetido com a pele ou as mucosas podem provocar uma reação inflamatória.
H 5	Nocivo	Substâncias e preparações cuja inalação, ingestão ou penetração cutânea pode representar um risco, limitado, para a saúde.
H 6	Tóxico	Substâncias e preparações (incluindo as substâncias e preparações muito tóxicas) cuja inalação, ingestão ou penetração cutânea pode representar um risco grave, agudo ou crónico para a saúde e inclusivamente causar a morte
H 7	Cancerígeno	Substâncias e preparações cuja inalação, ingestão ou penetração cutânea pode provocar cancro ou aumentar a sua ocorrência

<b>H 8</b>	<b>Corrosivo</b>	Substâncias e preparações que podem destruir tecidos vivos por contacto
<b>H 9</b>	<b>Infecioso</b>	Substâncias e preparações que contêm microrganismos viáveis ou suas toxinas, em relação aos quais se sabe ou há boas razões para crer que causam doenças nos seres humanos ou noutros organismos vivos
<b>H 10</b>	<b>Tóxico para a reprodução</b>	Substâncias e preparações cuja inalação, ingestão ou penetração cutânea pode induzir malformações congénitas não hereditárias ou aumentar a sua ocorrência
<b>H 11</b>	<b>Mutagénico</b>	Substâncias e preparações cuja inalação, ingestão ou penetração cutânea pode induzir defeitos genéticos hereditários ou aumentar a sua ocorrência
<b>H 12</b>	<b>-</b>	Resíduos que em contacto com a água, o ar ou um ácido libertam gases tóxicos ou muito tóxicos.
<b>H 13</b>	<b>Sensibilizante</b>	Substâncias e preparações cuja inalação ou penetração cutânea pode causar uma reação de hipersensibilização tal que uma exposição posterior à substância ou à preparação produza efeitos nefastos característicos
<b>H 14</b>	<b>Ecotóxico</b>	Resíduos que representam ou podem representar um risco imediato ou diferido para um ou vários sectores do ambiente.

(adaptado de Decreto-Lei n.º 73/2011 de 17 de Junho, 2011)

## Anexo II – Requisitos de proteção para diversos tipos de aterro

<b>Classe do aterro</b>	<b>Aterro para resíduos inertes</b>	<b>Aterro para resíduos não perigosos</b>	<b>Aterro para resíduos perigosos</b>
Sistema de proteção ambiental passivo: Barreira de segurança passiva	Sim	Sim	Sim
Sistema de proteção ambiental ativo: Barreira de impermeabilização artificial	-	Sim	Sim
Sistema de drenagem de águas pluviais	-	Sim	Sim
Sistema de drenagem e recolha de lixiviados	-	Sim	Sim
Sistema de drenagem tratamento de biogás	-	*	*
Sistema de selagem final: Camada de drenagem de gases	-	*	*
Barreira de impermeabilização artificial	-	-	Sim
Camada mineral impermeável	-	Sim	Sim
Camada de drenagem > 0,5 m	-	Sim	Sim
Cobertura final com material terroso > 1 m	Sim	Sim	Sim
Instalações e infra-estruturas de apoio: Vedação	Sim	Sim	Sim
Portão	Sim	Sim	Sim
Vias de circulação	Sim	Sim	Sim
Queimador de biogás	-	*	*

(adaptado de Decreto-Lei n.º 183/2009 de 10 de Agosto, 2009)

Anexo III – Tonelagem de resíduos por cada operação de gestão no ano de 2012

		Tonelagem de resíduos por cada operação de gestão no ano de 2012							
		Eliminação por deposição no solo	Operações preparatórias de eliminação	Eliminação por incineração	Outras operações de eliminação	Valorização energética	Operações de valorização (excluindo valorização energética)	Outras operações de valorização	Total
Atividade Econômica	Gestão e valorização de resíduos	281 588	59 059	292	15 603	182 397	888 111	814 383	2 241 434
	Elettricidade, gás e água quente	221 314	6 576	6	4 262	143	128 157	31 354	421 782
	Pasta, papel, cartão, impressão e suportes gravados	193 642	46 504	667	4 830	537 168	217 869	206 105	1 206 786
	Captação e distribuição de água, saneamento e atividades de descontaminação	124 560	51 656	91	8 110	853	195 515	192 935	573 719
	Minerais não metálicos	119 876	4 898	63	9 775	334	225 401	76 537	436 885
	Construção	100 532	2 522	1 162	55 597	589	249 292	518 703	928 397
	Químicas, farmacêuticas, borrachas e plásticos	51 598	17 451	13 866	13 724	2 478	43 703	43 274	186 094
	Comércio e serviços	48 520	41 094	42 450	69 681	3 651	163 493	483 305	852 194
	Indústrias metalúrgicas de base e de produtos metálicos	24 132	23 251	94	10 068	30	257 274	132 612	447 460
	Têxteis e peles	23 908	1 349	56	5 511	796	15 761	50 629	98 009
	Alimentação, bebidas e tabaco	19 810	17 130	10 275	14 725	13 669	114 603	125 450	315 663
	Indústrias extrativas	13 196	183	0	1 508	16	208 349	19 348	242 600
	Agricultura, florestas e pescas	6 577	101	0	2 025	283	18 036	56 337	83 359
	Fabricação de máquinas, equipamentos e material de transporte	8 778	11 354	900	11 482	20	59 187	129 094	220 815
	Fabricação de mobiliário, outras indústrias e manutenção/instalação de equipamentos	4 271	2 770	5	2 638	1 120	52 234	35 143	98 181
	Comércio de sucatas e desperdícios	2 350	261	67	1 270	1 348	405 009	511 129	921 434
	Petrolíferas	1 425	10 024	0	549	0	4 247	3 601	19 846
	Madeira e Cortiças	1 180	602	0	4 340	68 309	49 883	34 061	158 376
	Total	1 247 256	296 786	69 995	235 698	813 205	3 326 094	3 464 001	9 453 034

(adaptado de Instituto Nacional de Estatística, 2013)

Anexo IV – Características das pedreiras da região em estudo

Número de Identificação	Referência	Nome da Exploração	Distrito	Concelho	Freguesia	Coordenadas Geográficas		Tipo de Exploração	Perímetro (m)	Área (m²)	Estado da Exploração	Notas
						Latitude	Longitude					
4636	01	Mesquita n.º 2	Setúbal	Sesimbra	Castelo	38°31'41.64"N	9°5'17.11"W	Argilas comuns	2 853	369 674	Em recuperação	(1)
2599	02	Da Ribeira	Setúbal	Sesimbra	Castelo	38°31'15.21"N	9° 5'5.89"W	Argilas	1 803	157 420	Em recuperação	(1)
5520	03	Herdade da Mesquita	Setúbal	Sesimbra	Castelo	38°30'51.27"N	9°5'43.11"W	Argilas	6 911	1 802 783	Em recuperação	(1)
4215	04	Mata Redonda A	Setúbal	Sesimbra	Castelo	38°26'48.85"N	9°3'47.19"W	Calcários	4 738	1 115 097	Em exploração – Secil	(2)
2177	05	Vale do Covão	Setúbal	Sesimbra	Castelo	38°27'35.18"N	9°4'56.84"W	Calcários	2 652	288 165	Em exploração – Secil	(3)
4321	06	Das Colmeias	Setúbal	Sesimbra	Castelo	38°27'12.67"N	9°4'44.73"W	Calcários	1 423	106 703	Não referenciada	
3691	07	Ribeira do Cavalo n.º 4	Setúbal	Sesimbra	Castelo	38°26'15.34"N	9°7'56.77"W	Calcários	3 202	395 279	Não referenciada	(4)
4223	08	Serra da Cabreira	Setúbal	Sesimbra	Castelo	38°26'18.45"N	9°8'21.60"W	Calcários	693	29 505	Não referenciada	(4)
2722	09	Serra da Achada	Setúbal	Sesimbra	Castelo	38°27'16.22"N	9°5'12.83"W	Calcários	2 201	276 399	Em exploração	
4875	10	Sargal nº1	Setúbal	Setúbal	S. Lourenço	38°34'8.26"N	9°1'38.97"W	Areias	2 779	481 582	Não referenciada	
-	11	Outão	Setúbal	Setúbal	Azeitão	38°29'46.87"N	8°56'50.43"W	Calcários	3 084	428 233	Em exploração – Secil	(5)
-	12	Casal da Velha	Setúbal	Setúbal	Setúbal	38°32'19.90"N	8°55'46.00"W	Calcários	1 148	33 173	Inativa	(6)
-	13	Dos Barris (zona B)	Setúbal	Setúbal	Setúbal	38°32'12.33"N	8°55'30.19"W	Calcários	681	21 524	Inativa	(6)
-	14	Dos Barris (zona A)	Setúbal	Setúbal	Setúbal	38°32'5.16"N	8°55'30.03"W	Calcários	460	14 277	Inativa	(6)
2033	15	Pinhal Basto	Setúbal	Palmela	Palmela	38°32'11.49"N	8°56'23.56"W	Calcários	867	21 873	Inativa	(6)



Número de Identificação	Referência	Nome da Exploração	Distrito	Concelho	Freguesia	Coordenadas Geográficas		Tipo de Exploração	Perímetro (m)	Área (m²)	Estado da Exploração	Notas
						Latitude	Longitude					
1778	16	Rego de Água II	Setúbal	Setúbal	Setúbal	38°32'7.34"N	8°56'38.43"W	Calcários	772	28 631	Inativa	(6)
-	17	Areeiro do Lino	Setúbal	Seixal	Corroios	38°36'34.93"N	9° 9'26.30"W	Areias	1 666	145 221	Recuperado ou em recuperação	(7)
-	18	Antigo Areeiro J. Caetano	Setúbal	Seixal	Corroios	38°37'10.45"N	9° 9'25.97"W	Areias	1 814	149 109	Encerrada – Sem plano de recuperação	(7)
-	19	Antigo Areeiro Santa Marta de Corroios	Setúbal	Seixal	Corroios	38°37'21.64"N	9° 9'3.99"W	Areias	2 200	128 563	Encerrada – Sem plano de recuperação	(7)
-	20	Quinta da Aniza	Setúbal	Seixal	Corroios	38°36'50.01"N	9° 9'32.00"W	Areias	750	29 503	Com atividade iniciada ou prevista	(7)
-	21	Vale de Milhaços	Setúbal	Seixal	Corroios	38°36'49.57"N	9° 9'15.67"W	Areias	1 787	163 321	Com atividade iniciada ou prevista	(7)
-	22	Santa Marta de Corroios	Setúbal	Seixal	Corroios	38°36'44.63"N	9° 9'0.03"W	Areias	1 862	208 702	Com atividade iniciada ou prevista	(7)
-	23	Pinhal do Catelas	Setúbal	Seixal	Corroios	38°36'6.82"N	9° 9'12.27"W	Areias	3 032	444 347	Com atividade iniciada ou prevista	(7)
5237	24	Courela do Carmo	Setúbal	Seixal	Corroios	38°36'52.28"N	9° 9'56.94"W	Areias	2 302	237 042	Recuperado ou em recuperação	(7)
-	25	Saibreira do Carmo	Setúbal	Seixal	Amora	38°37'43.60"N	9° 8'16.31"W	Areias	1 035	40 968	Recuperado ou em recuperação	(7)
-	26	Antigo Areeiro da Quinta das Lagoas	Setúbal	Seixal	Amora	38°37'36.02"N	9° 8'32.71"W	Areias	1 150	69 251	Recuperado ou em recuperação	(7)
-	27	Maria Calcida	Setúbal	Seixal	Amora	38°37'29.84"N	9° 8'24.02"	Areias	1 606	135 052	Recuperado ou em recuperação	(7)

Número de Identificação	Referência	Nome da Exploração	Distrito	Concelho	Freguesia	Coordenadas Geográficas		Tipo de Exploração	Perímetro (m)	Área (m²)	Estado da Exploração	Notas
						Latitude	Longitude					
5049	28	Areeiro n.º 3	Setúbal	Seixal	Amora	38°37'19.00"N	9° 8'26.11"W	Areias	1 085	74 662	Recuperado ou em recuperação	(7)
5428	29	Pinhal Conde da Cunha 2	Setúbal	Seixal	Amora	38°36'53.89"N	9° 8'22.95"W	Areias	1 422	116 962	Recuperado ou em recuperação	(7)
-	30	Pinhal Conde da Cunha 3	Setúbal	Seixal	Amora	38°37'8.72"N	9° 8'17.61"W	Areias	1 428	92 982	Com atividade iniciada ou prevista	(7)
-	31	Pinhal Conde da Cunha 4	Setúbal	Seixal	Amora	38°36'32.38"N	9° 8'50.91"W	Areias	1 183	90 671	Com atividade iniciada ou prevista	(7)
-	32	Brejos da Palmeira n.º 1	Setúbal	Seixal	Aldeia de Paio Pires	38°35'51.82"N	9° 4'24.87"W	Areias	1 277	104 492	Recuperado ou em recuperação	(7)
-	33	Brejos da Palmeira n.º 2	Setúbal	Seixal	Aldeia de Paio Pires	38°35'48.55"N	9° 4'7.84"W	Areias	1 184	134 391	Com atividade iniciada ou prevista	
-	34	Brejos da Palmeira n.º 3	Setúbal	Seixal	Aldeia de Paio Pires	38°35'55.64"N	9° 4'34.01"W	Areias	1 152	82 281	Encerrada – Sem plano de recuperação	(7)
6312	35	Herdade da Biscaia n.º 1	Setúbal	Palmela	Palmela	38°34'40.66"N	8°50'54.07"W	Areias comuns	795	36 013	Em exploração (2009)	(8)
6313	36	Herdade da Biscaia n.º 2	Setúbal	Palmela	Palmela	38°34'40.62"N	8°51'39.33"W	Areias comuns	1 842	180 801	Em exploração (2009)	(8) (9)
1149	37	Alto da Serra	Setúbal	Sesimbra	Castelo	38°26'54.31"N	9°7'14.71"W	Calcários	532	17 080	Não referenciado	(8) (10)
2291	38	Casalão	Setúbal	Sesimbra	Castelo	38°27'40.94"N	9° 6'36.83"W	Calcários	652	25 949	Não referenciado	(8)

**Notas:**

- (1) O projeto de recuperação destas pedreiras foi aprovado pelas entidades competentes em 2010. (VISA Consultores, 2009)
- (2) Esta pedreira resultou da junção das pedreiras 4215, 4042 e 2403 referenciadas num documento uma vez que na bibliografia apenas foi encontrada referência à pedreira denominada Mata Redonda (4215) com exploração a cargo da empresa SECIL. (SECILbritas, sem data)
- (3) A exploração desta pedreira está a cargo da empresa SECILbritas. (SECILbritas, sem data)
- (4) Uma vez que na lista fornecida não existiam as coordenadas exatas das explorações pode verificar-se alguns erros de denominação nestas pedreiras, no entanto tendo em conta a localização o tipo de exploração está correto.
- (5) Tendo em conta a localização geográfica considera-se que é possível que esta exploração (Outão) corresponda às explorações 1514, 432 e 433 apresentadas num documento original.
- (6) Denominação e estado de exploração de acordo com Esteves (2015)
- (7) As pedreiras foram denominadas de acordo com o Plano Diretor Municipal do Seixal (Câmara Municipal do Seixal, 2014)
- (8) As pedreiras foram retiradas de um documento onde não estavam apresentadas as coordenadas geográficas por isso assume-se que possam existir erros de denominação e até localização.
- (9) A localização e estado de exploração estão de acordo com VISA Consultores (2009).
- (10) A denominação pode estar incorreta, mas tendo em conta a localização trata-se de uma exploração de calcário.

## Anexo V – Legenda da carta geológica de Portugal, folha Sul AML

Legenda da carta geológica de Portugal na escala 1:100 000, folha Sul AML (parte 1/2).

Adaptado de Costa *et al.*, 2005.

CENÓZOICO	Holocénico		<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div><span style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; padding: 2px;">a</span> Aluviões e/ou aterros e depósitos de vertente</div> <div><span style="background-color: #d3d3d3; border: 1px solid black; padding: 2px;">apf</span> Areias de praias marinhas e fluviais</div> <div><span style="background-color: #808080; border: 1px solid black; padding: 2px;">d</span> Dunas</div> </div>	
	Pleistocénico		<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div><span style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; padding: 2px;">Q<sub>1</sub></span> Depósitos de terrapós marinhos e fluviais</div> <div><span style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; padding: 2px;">Q<sub>2a</sub></span> Dunas consolidadas, dunas antigas e areias eólicas</div> </div>	
	Neogenico		<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>Torres Vedras</div> <div>Península de Setúbal</div> <div>Ribatejo</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div><span style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; padding: 2px;">Q<sub>2c</sub></span> Formação de Marco Furado</div> <div><span style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; padding: 2px;">Q<sub>2c</sub></span> Formação de Porto do Concelho</div> <div><span style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; padding: 2px;">Q<sub>2c</sub></span> Conglomerado de Belverde</div> </div> </div> <div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>Areias e arenitos de Silveira</div> <div>Formação de Santa Marta</div> <div>Formação de Serra de Almeirim</div> <div>Formação de Ulme</div> </div> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div><span style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; padding: 2px;">1</span> <span style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; padding: 2px;">2</span></div> <div>           1 - Q<sub>1</sub> - Areias e cascalheiras de génese indiferenciada            2 - Q<sub>1</sub> - Cascalheiras de génese indiferenciada         </div> </div>	
	Miocénico		<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>Sintra</div> <div>Lisboa/Almada</div> <div>Península de Setúbal</div> <div>Ribatejo</div> <div>Águas de Moura</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div><span style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; padding: 2px;">M<sub>1</sub></span></div> <div><span style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; padding: 2px;">M<sub>1a</sub></span> Formações de Alcoentre e de Tomar</div> </div> </div> <div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>Calciários e argilas com <i>Gryphaea gryphoides</i> e <i>Calcarifera lacustris</i> com <i>Hesperotherium mabritense</i></div> <div>Calciários de Marvila, Grés dos Grilos, Argilas de Xabregas, Calciários de Quinta das Conchas, Areias de Vale de Chelas e Calciários de Muegueira</div> <div>Arenitos e calcarenitos de Pinhal e Castelo de Palmela, Depósitos glauconíticos de Penedo e Areias da Quinta da Torre</div> <div>Formação de Alcoentre</div> <div>Formações de Alcoentre e de Tomar</div> </div> </div> </div>	
	Paleogenico		<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div><span style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; padding: 2px;">Φ</span> Formação de Benfica</div> <div><span style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; padding: 2px;">Φ</span> Calciários de Senhora das Necessidades e Conglomerados, arenitos e margas de Picheiros</div> </div>	

		Unidades das Cartas 1:50 000	Sector Sul Setúbal	Sector Central Lisboa / Sintra / Cascais	Sector Norte Loures / Alenquer / Torres Vedras / Bombarral	Unidades das Cartas 1:50 000
MESOZOICO	Cretácico	Cretácico Superior		<span style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; padding: 2px;">β<sup>1</sup></span> Complexo Vulcânico de Lisboa		<span style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; padding: 2px;">β<sup>1</sup></span> <span style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; padding: 2px;">β<sup>1</sup></span> <span style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; padding: 2px;">β<sup>1</sup></span>
				<span style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; padding: 2px;">C<sup>1-2</sup></span> Formações de Bica, de Canaças e de Rodizão		<span style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; padding: 2px;">C<sup>1-2</sup></span> <span style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; padding: 2px;">C<sup>1-2</sup></span> <span style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; padding: 2px;">C<sup>1-2</sup></span>
				<span style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; padding: 2px;">C<sup>1a</sup></span> Formações de Cresmina e de Regação	Formação de Almargem	<span style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; padding: 2px;">C<sup>1a</sup></span> <span style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; padding: 2px;">C<sup>1a</sup></span>
				<span style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; padding: 2px;">C<sup>1b</sup></span> Formações de Ribamar, de Cabo Raso, do Guincho, de Ribeira de Ilhas, de Fonte Grada, de Praia dos Coxos, de Maceira, de São Lourenço, de Santa Susana, de Sernadão, de Guia e Vale de Lobos	Formações de Ribamar, de Ribeira de Ilhas, de Fonte Grada, de Praia dos Coxos, de Maceira, de Santa Susana, de Lugar d'Além, de São Lourenço e de Vale de Lobos	<span style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; padding: 2px;">C<sup>1b</sup></span> <span style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; padding: 2px;">C<sup>1b</sup></span> <span style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; padding: 2px;">C<sup>1b</sup></span>
				<span style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; padding: 2px;">C<sup>1c</sup></span> Formações de Fátima, de Mem Martins, de Ramalhão, de S. Pedro	Formações de Porto da Calada e de Sequeira	<span style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; padding: 2px;">C<sup>1c</sup></span> <span style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; padding: 2px;">C<sup>1c</sup></span> <span style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; padding: 2px;">C<sup>1c</sup></span>
	Jurássico	Cretácico Inferior		<span style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; padding: 2px;">J<sup>1</sup></span> Formações de Fátima, de Mem Martins, de Ramalhão, de S. Pedro	Formações de Fátima, de Mem Martins, de Ramalhão, de S. Pedro	<span style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; padding: 2px;">J<sup>1</sup></span> <span style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; padding: 2px;">J<sup>1</sup></span> <span style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; padding: 2px;">J<sup>1</sup></span>
				<span style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; padding: 2px;">J<sup>2</sup></span> Formações de Fátima, de Mem Martins, de Ramalhão, de S. Pedro	Formações de Fátima, de Mem Martins, de Ramalhão, de S. Pedro	<span style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; padding: 2px;">J<sup>2</sup></span> <span style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; padding: 2px;">J<sup>2</sup></span> <span style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; padding: 2px;">J<sup>2</sup></span>
				<span style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; padding: 2px;">J<sup>3</sup></span> Formações de Fátima, de Mem Martins, de Ramalhão, de S. Pedro	Formações de Fátima, de Mem Martins, de Ramalhão, de S. Pedro	<span style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; padding: 2px;">J<sup>3</sup></span> <span style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; padding: 2px;">J<sup>3</sup></span> <span style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; padding: 2px;">J<sup>3</sup></span>
				<span style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; padding: 2px;">J<sup>4</sup></span> Formações de Fátima, de Mem Martins, de Ramalhão, de S. Pedro	Formações de Fátima, de Mem Martins, de Ramalhão, de S. Pedro	<span style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; padding: 2px;">J<sup>4</sup></span> <span style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; padding: 2px;">J<sup>4</sup></span> <span style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; padding: 2px;">J<sup>4</sup></span>
				<span style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; padding: 2px;">J<sup>5</sup></span> Formações de Fátima, de Mem Martins, de Ramalhão, de S. Pedro	Formações de Fátima, de Mem Martins, de Ramalhão, de S. Pedro	<span style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; padding: 2px;">J<sup>5</sup></span> <span style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; padding: 2px;">J<sup>5</sup></span> <span style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; padding: 2px;">J<sup>5</sup></span>
	Triássico	Jurássico Superior		<span style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; padding: 2px;">J<sup>6</sup></span> Formações de Fátima, de Mem Martins, de Ramalhão, de S. Pedro	Formações de Fátima, de Mem Martins, de Ramalhão, de S. Pedro	<span style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; padding: 2px;">J<sup>6</sup></span> <span style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; padding: 2px;">J<sup>6</sup></span> <span style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; padding: 2px;">J<sup>6</sup></span>
				<span style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; padding: 2px;">J<sup>7</sup></span> Formações de Fátima, de Mem Martins, de Ramalhão, de S. Pedro	Formações de Fátima, de Mem Martins, de Ramalhão, de S. Pedro	<span style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; padding: 2px;">J<sup>7</sup></span> <span style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; padding: 2px;">J<sup>7</sup></span> <span style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; padding: 2px;">J<sup>7</sup></span>
				<span style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; padding: 2px;">J<sup>8</sup></span> Formações de Fátima, de Mem Martins, de Ramalhão, de S. Pedro	Formações de Fátima, de Mem Martins, de Ramalhão, de S. Pedro	<span style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; padding: 2px;">J<sup>8</sup></span> <span style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; padding: 2px;">J<sup>8</sup></span> <span style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; padding: 2px;">J<sup>8</sup></span>
				<span style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; padding: 2px;">J<sup>9</sup></span> Formações de Fátima, de Mem Martins, de Ramalhão, de S. Pedro	Formações de Fátima, de Mem Martins, de Ramalhão, de S. Pedro	<span style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; padding: 2px;">J<sup>9</sup></span> <span style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; padding: 2px;">J<sup>9</sup></span> <span style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; padding: 2px;">J<sup>9</sup></span>
				<span style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; padding: 2px;">J<sup>10</sup></span> Formações de Fátima, de Mem Martins, de Ramalhão, de S. Pedro	Formações de Fátima, de Mem Martins, de Ramalhão, de S. Pedro	<span style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; padding: 2px;">J<sup>10</sup></span> <span style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; padding: 2px;">J<sup>10</sup></span> <span style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; padding: 2px;">J<sup>10</sup></span>

LACUNA

Legenda da carta geológica de Portugal na escala 1:100 000, folha Sul AML (parte 2/2). Adaptado de Costa *et al.*, 2005.

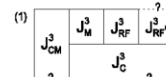
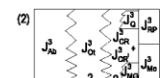
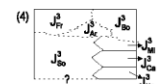
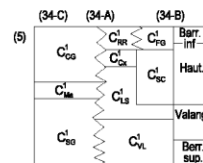
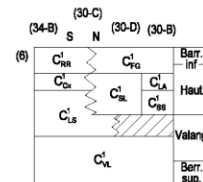
PALEOZOICO	Devónico Superior (?) a Carbonífero Inferior	Águas de Moura	
		$\pi$	Melavulcanitos ácidos
		$\delta$	Melavulcanitos básicos e intermédios
		D	Xistos e grauvaques de Serrinha e de Serra de Palma

ROCHAS ÍGNEAS	Rochas Plutónicas	$\gamma_s$	Granito de Sintra
		$\sigma_s$	Sienito de Sintra
		$\Gamma\Delta$	Gabro e gabro-diorito
		$bg$	Brecha granítica
		$bs$	Brecha sienítica
		$bm$	Brecha poligénica máfica

ROCHAS ÍGNEAS	Folhos e Massas	$\gamma'$	Microgranito, apilito, pegmatito / riolito
		$\tau$	Traquito, microsienito
		$\phi$	Traquibasalto
		$\beta$	Microgabro-dolerito, basalto
		$bt$	Brecha traquítica
		$bs$	Brecha basáltica
		$bv$	Brecha vulcânica
		$\alpha$	Rocha alterada e/ou não identificada

## LEGENDA AUXILIAR DO MESOZOICO

Unidades das Cartas 1:50 000



# Anexo VI – Aplicação dos critérios de exclusão

		Pedreiras																																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38		
Estrutura ou Característica avaliada	Estado de Exploração	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
	Aeroportos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Falhas Geológicas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Topografia	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Caminhos de ferro	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	
	Cabos de alta tensão	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Parques públicos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	
	Rios ou canais	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Lagoas ou Albufeiras	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Oceano	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Estuários ou Oceano	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Planícies aluviais	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Zonas protegidas ecologicamente	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Captações de água abastecimento publico	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Condições climáticas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

**Anexo VII – Porosidade e coeficiente de permeabilidade de vários tipos de rocha e solos**

<b>Rochas e solos</b>	<b>Porosidade (%)</b>	<b>Coeficiente de permeabilidade (cm/s)</b>
<b>Granito</b>	-	$6,0 \times 10^{-11}$ a $3,0 \times 10^{-10}$
<b>Granito alterado</b>	-	$6,0 \times 10^{-6}$ a $1,5 \times 10^{-5}$
<b>Basalto</b>	7,7	$1,4 \times 10^{-8}$
<b>Tufo vulcânico</b>	14	$3,2 \times 10^{-7}$
<b>Tufo vulcânico</b>	40	$1,1 \times 10^{-5}$
<b>Micaxisto</b>	-	$2,0 \times 10^{-9}$
<b>Micaxisto</b>	48	$3,2 \times 10^{-5}$
<b>Dolomito</b>	3,5	$6,8 \times 10^{-7}$
<b>Dolomito</b>	27,8	$2,8 \times 10^{-4}$
<b>Calcário</b>	8,4	$1,0 \times 10^{-6}$
<b>Calcário colítico</b>	21,6	$3,3 \times 10^{-4}$
<b>Sal-gema</b>	0,6	$7,1 \times 10^{-9}$
<b>Conglomerado</b>	17,3	$4,5 \times 10^{-7}$
<b>Grés</b>	12,4	$8,5 \times 10^{-5}$
<b>Grés</b>	27,4	$6,5 \times 10^{-4}$
<b>Siltito</b>	9,7	$1,3 \times 10^{-7}$
<b>Argilito xistoso</b>	-	$9,0 \times 10^{-11}$ a $4,0 \times 10^{-9}$
<b>Argila</b>	40 a 60	$10^{-8}$ a $10^{-6}$
<b>Silte</b>	33 a 50	$4,0 \times 10^{-8}$ a $3,0 \times 10^{-4}$
<b>Areia</b>	34 a 50	$10^{-3}$ a $7,5 \times 10^{-2}$

(adaptado de Rocha, 2013)